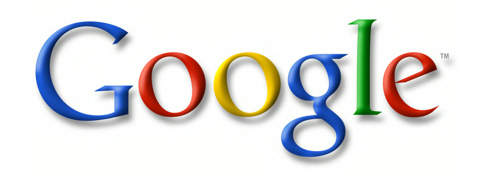


ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

TOME XLVIII.

DE L'IMPRIMERIE DE Ve. THUAU,
rue du Cloître Saint-Benoît, n° 4.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE,

PAR MM. GAY-LUSSAC ET ARAGO.

TOME QUARANTE-HUITIÈME.

A PARIS,

Chez CROCHARD, Libraire, rue et place de l'Ecole-de-Médecine, n° 13.

1831.

ANNALES

DE

CHIMIE ET DE PHYSIQUE.

RAPPORT *fait à l'Académie des Sciences sur les moyens à employer pour prévenir la Falsification des actes et le Blanchiment frauduleux des vieux papiers timbrés.*

M. le ministre de la justice, considérant les nombreux désordres qui résultent de la falsification des actes publics et privés, a consulté l'Académie sur les moyens de les prévenir; il lui a demandé, en outre, s'il serait possible d'empêcher que le trésor fût privé d'une partie de son revenu par des particuliers qui, après avoir acheté à vil prix de vieux papiers timbrés, en font disparaître l'écriture, et les vendent ensuite moins cher que le papier timbré neuf. L'Académie, appréciant la gravité de ces questions, a nommé, pour les examiner, une commission composée de MM. Gay-Lussac, Dulong, Chaptal, Deyeux, Thenard, d'Arcet, Chevreul et Serullas. C'est le résultat de cet examen que la commis-

sion qui vient d'être désignée a l'honneur de soumettre au jugement de l'Académie.

Les questions qui nous ont été posées peuvent évidemment être résolues ou par l'emploi d'une encre complètement indélébile après son application sur le papier ordinaire, ou bien par l'usage d'un papier préparé de manière à ce que l'on ne puisse y altérer l'écriture tracée avec l'encre commune sans qu'il reste des preuves de sa falsification. La commission doit donc examiner les questions qui lui ont été soumises sous le double rapport des encres indélébiles et des papiers de sûreté : elle commencera par passer en revue ceux de ces moyens dont on a fait usage pour prévenir les faux, avant l'époque où l'Académie a été consultée à ce sujet.

Les anciens employaient une encre beaucoup plus durable que celle dont on fait maintenant usage, et cela ne doit pas surprendre, puisqu'ils la composaient, comme on le voit dans Pline, Vitruve et Dioscoride, avec des noirs de fumée ou un charbon très-divisé délayé dans une solution de gomme. Lorsque cette encre était appliquée sur des substances assez poreuses pour qu'elle y pénétrât, elle résistait au frottement, et le grattoir ne pouvait l'enlever sans qu'il y parût; il était donc alors bien difficile de falsifier des actes qui, d'ailleurs, étaient beaucoup moins multipliés qu'ils ne le sont aujourd'hui. Mais l'encre antique avait l'inconvénient d'être peu fluide; employée sur des papiers moins poreux, elle ne pouvait résister au lavage ni au grattage, et cessait ainsi de présenter des garanties suffisantes. C'est sans doute là ce qui détermina l'usage de l'encre composée de noix de galle et de sulfate de fer et qui est plus pénétrante et d'un

emploi plus facile que l'ancienne. Blagden dit avoir reconnu, par l'examen de plusieurs manuscrits du IXe siècle, que l'on faisait dès-lors usage de cette encre ; cependant il ne faut pas croire que l'emploi de l'ancienne encre avait été tout de suite abandonné ; car si, d'une part, le besoin de multiplier les manuscrits et la découverte de l'art de fabriquer le papier (1) étaient en faveur de cette substitution, d'une autre part, le prix élevé des manuscrits obligeait les copistes à n'employer que des encres durables ; aussi mêlèrent-ils fréquemment de l'encre ancienne avec la nouvelle, mélange qui avait l'avantage d'être moins délébile que celle-ci, et plus fluide que la première ; mais la découverte de l'imprimerie, en dépouillant l'art du copiste de l'importance qu'il avait, eut le résultat fâcheux de faire rechercher dans l'encre à écrire l'intensité de la couleur, l'éclat et la fluidité bien plus que l'indélébilité. Il arriva donc que l'on abandonna tout-à-fait l'usage de l'encre antique même mélangée avec la nouvelle : au reste, l'inconvénient provenant de l'absence du charbon dans l'encre ne pouvait guère se faire sentir dans un temps où l'usage des réactifs chimiques était, pour ainsi dire, inconnu ; mais il n'en fut plus de même dans le dernier quart du XVIIIe siècle. La découverte du chlore qui altère si vite et si profondément tant de matières organiques humides ; l'emploi de cet agent dans le blanchiment des toiles, des

(1) L'invention du papier de coton remonte, suivant le père Montfaucon, à la fin du IXe siècle ou au commencement du Xe, et celle du papier fait avec le vieux linge, au commencement du XIVe siècle.

vieux linges, des vieilles gravures, des chiffons, etc.; la propagation des procédés chimiques dans toutes les classes de la société; la multiplication des actes, fruit de l'essor que prenait l'industrie, présentèrent alors un concours de circonstances des plus favorables au développement de l'art du faussaire en écritures : de là, ces coupables qui ont été traduits devant les tribunaux et qui ont été soustraits à la rigueur des lois par l'étude approfondie qu'ils avaient faite de leur funeste industrie; de là, ces désordres dans les transactions publiques et privées, que M. le ministre a signalés dans sa lettre à l'Académie.

Nous avons dit que, dès le IXe siècle, on faisait déjà usage de l'encre ordinaire sans addition de noir de fumée ou de charbon très-divisé; or, on ne voit pas dans le traité que Casseparius a publié en 1660, sur la fabrication des encres, qu'alors on eût encore senti le besoin de les rendre moins altérables. Ce n'est que dans l'ouvrage fort remarquable publié par Lewis, sur le même sujet, en 1764, que cette question se trouve parfaitement posée, et Lewis l'a même si bien étudiée, qu'il a dit à peu près tout ce qui a été publié depuis, relativement à la préparation des encres indélébiles; il faut cependant citer ici avec éloge les travaux suivans qui ont fait faire quelques progrès à la fabrication dont il s'agit.

Un grand nombre d'auteurs, à l'imitation de Lewis, ou en donnant plus d'extension à ses idées sur la fabrication de l'encre indélébile, ont conseillé d'ajouter à l'encre ordinaire, du noir de fumée, du noir d'ivoire, de l'encre de la Chine, la liqueur de la sèche ou des extraits colorés de certains végétaux, etc. On peut citer à ce sujet les

recherches de Pitolx, Wohrs, Grunner, Lentin, Thorey, Wiogleb, Westrumb, Murray, Bosse, Scherer, Roard et Haldat. Bosse proposa en outre l'addition du peroxide de manganèse porphyrisé à l'encre commune. D'autres auteurs, parmi lesquels on doit distinguer Scherer, William Close et Scheldrake, suivant encore les traces de Lewis, firent usage du noir de fumée délayé avec des vernis préparés, en dissolvant la térébenthine, le copal, l'ambre ou l'asphalte dans des huiles essentielles et dans l'huile siccative. Proust employa une espèce de crayon noir, coloré par le charbon, pour rendre l'encre ordinaire indélébile. Thompson conseilla de délayer le noir de fumée avec une solution de laque en bâtons dans le borax, et, en dernier lieu, Mac Culloch proposa d'employer la dissolution de goudron de bois dans la potasse au lieu de l'encre ordinaire. Il faut enfin distinguer parmi le grand nombre d'encres de sûreté mises dans le commerce, mais dont les recettes n'ont pas été publiées, celles qui ont été fabriquées par MM. Delunel, Dizé et Tarry, et au sujet desquelles il a été fait, à différentes époques, des rapports très-favorables ; mais de plus longs détails historiques seraient ici déplacés. La commission n'a voulu qu'indiquer la direction dans laquelle on a cherché à perfectionner la fabrication de l'encre. Quant aux avantages que le public a retirés de ces recherches, on sait qu'ils ont été à peu près nuls, parce que les encres mises dans le commerce et annoncées comme étant indélébiles, ne pouvaient pas résister à l'action combinée et bien entendue des réactifs, ou parce qu'en général ces encres manquaient de fluidité, donnaient lieu à des dépôts considérables par le simple repos,

avaient une teinte désagréable, ramollissaient les plumes, attaquaient le papier, ou pouvaient même changer de nature en vieillissant. Tout ce qui précède indique donc qu'avant 1826, cette partie de la question n'avait pas été résolue; nous allons examiner maintenant jusqu'à quel point la préparation des papiers pouvait alors empêcher la falsification des actes.

L'on sait que la teneur des actes était anciennement garantie par les signatures, et par l'application des anneaux, des sceaux et des cachets que les parties contractantes y apposaient. On adopta ensuite, dans le même but, l'usage des doubles expéditions, des chartes parties, des souches ou talons, du dépôt chez les notaires, ou dans les archives publiques, des timbres à l'encre, des timbres secs, des timbres identiques, des numéros d'ordre, et enfin l'emploi des papiers portant des signes secrets de reconnaissance ou des caractères apparens et plus ou moins altérables, comme cela a eu lieu depuis quarante ans, pour la fabrication des papiers monnaie et des billets de banque.

Lewis proposa en 1764 l'emploi des papiers minces poreux ou peu collés, dans le but d'y faire pénétrer l'encre indélébile. Il conseilla, en outre, d'ajouter à la pâte de papier de la dissolution de noix de galle, afin de lui donner la propriété de fixer la couleur en précipitant intérieurement l'excès de sulfate de fer ou l'oxide de fer que l'encre contient en dissolution.

M. Molard aîné, consulté en 1792 sur les moyens de donner au papier un caractère indélébile, a conseillé d'y imprimer une empreinte obtenue avec une planche d'acier

damassé, inégalement attaquée par l'eau forte, employée comme le font les graveurs.

En 1802, M. Haldat a indiqué la coloration du papier en bleu dans sa pâte au moyen du tournesol comme étant un procédé infaillible pour mettre en évidence les tentatives de faux.

MM. Learier, Delisle et Guittot proposèrent, en 1811, d'appliquer au centre des papiers de banque et dans le cours de leur fabrication, différens caractères formés avec des laines ou des chiffons teints en couleurs attaquables par les acides et par les alcalis et ensuite réduits en poudre fine, comme on le fait pour la fabrication de la tontisse.

Plusieurs auteurs avaient enfin proposé avant 1826, et surtout en Angleterre, l'usage du papier pénétré de ferro-cyanure de potassium (prussiate de potasse) non-seulement dans le même but qu'avait eu Lewis, en introduisant l'extrait de noix de galle dans la pâte du papier, mais encore afin de rendre les traces de l'encre ordinaire indélébiles par le moyen des acides : voilà sur ce sujet ce qui est venu de plus remarquable à notre connaissance. Nous allons maintenant examiner les encres qui ont été envoyées à la commission comme étant indélébiles. Nous nous occuperons ensuite des diverses sortes de papier de sûreté dont l'usage a été proposé à l'Académie et nous exposerons, après l'examen de chacune de ces séries d'échantillons, les résultats des recherches que la commission a dû faire pour compléter, autant qu'elle l'a pu, l'étude de ces deux questions.

Des encres présentées à l'Académie comme étant indélébiles.

La commission croit devoir déclarer qu'elle a étudié, avec la plus scrupuleuse attention, les documens soumis à son examen ; elle pourrait entrer, à cet égard, dans les détails les plus minutieux ; mais la remise du volumineux dossier qu'elle dépose sur le bureau et dans lequel chaque pièce porte la preuve de l'examen le plus approfondi ; les tableaux qu'elle joint à son rapport ; le temps qu'il lui aurait fallu pour rendre compte des essais très-nombreux qui ont été faits, et surtout le danger qu'il y aurait à publier les expériences que la commission a dû tenter pour former son opinion, tout la porte à croire qu'elle doit supprimer ici les détails qui n'aideraient pas à atteindre le but proposé : elle ne parlera donc des personnes, que lorsque cela pourra leur être utile ; et des choses qu'autant qu'elles pourront contribuer à la solution de la question dont il s'agit.

Les encres envoyées à l'Académie sont liquides ou solides ; comme dans ces deux états elles présentent, toutes choses égales d'ailleurs, de grandes différences dans leur emploi, nous les examinerons séparément.

Des encres indélébiles liquides envoyées à l'Académie.

Dix-neuf sortes d'encres liquides ont été envoyées à la commission qui les a toutes examinées ; elle a en outre répété, parmi les recettes d'encres indélébiles qui ont été recueillies dans les livres, celles qui faisaient

espérer quelques chances de succès. Voici quel a été le résultat de ce travail.

La commission n'a trouvé, parmi les encres liquides qu'elle a essayées, que cinq échantillons qui soient dignes d'être cités. Ce sont les encres de MM. Bosc, Dizé, Pallu, Da-Olmi et Cagniart Latour. Toutes les autres ont présenté à un trop haut degré les inconvéniens que l'on a reprochés jusqu'ici aux encres de sûreté, et que nous avons signalés au commencement de notre rapport. Quelques-unes ont été effacées sur le papier par l'action combinée des différens réactifs, et se sont d'ailleurs entièrement altérées avec le temps dans les bouteilles, en y restant sans être agitées ; il serait donc inutile de signaler ces encres et dangereux d'en recommander l'emploi.

L'encre envoyée par M. Bosc, directeur des contributions directes à Besançon, est, sans contredit, la meilleure de toutes celles que nous avons essayées ; elle a résisté, autant que le papier, à toutes les tentatives que nous avons faites pour l'effacer. Le tableau n° 1 qui indique les épreuves auxquelles cette encre a été soumise, donne une idée juste de son indélébilité ; mais cette encre, si bonne sous ce rapport, a une couleur trop matte ; elle ramollit en outre les plumes et laisse précipiter à la longue une portion de son principe colorant, ce qui obligerait à l'agiter dans la bouteille ou dans l'encrier avant d'en faire usage, et ce qui doit faire craindre que cette encre ne finisse par subir l'altération profonde qu'ont éprouvée les autres encres indélébiles plus anciennement envoyées à la commission. M. Bosc dit que, lorsque cette encre a perdu de sa fluidité par son exposition à l'air, on peut la ramener au point de liquidité con-

venable, en y ajoutant de l'eau ou de la même encre; il annonce d'ailleurs que sa préparation est peu dispendieuse, et qu'elle peut être livrée au commerce au même prix que l'encre usuelle.

L'encre présentée par M. Dizé, sous le nom d'encre asphalique, n'est pas aussi inaltérable que celle de M. Bosc; elle ne se fixe pas tout de suite sur le papier, et l'écriture fraîchement tracée peut même être enlevée en grande partie par un simple lavage à l'eau. Dans cet état la potasse l'attaque facilement, mais elle acquiert l'indélébilité en vieillissant. Cette encre ne coule pas bien de la plume, elle en ramollit trop le bec. L'écriture qui est matte et terne ne se fonce pas à l'air, et cette encre donne lieu, par le repos, à un précipité abondant qu'il est nécessaire de remettre en suspension chaque fois que l'on commence à écrire; elle s'est d'ailleurs altérée à la longue en séjournant dans la bouteille bien bouchée.

L'encre envoyée par M. Pallu résiste à l'action des réactifs; elle est cependant, sous ce rapport, inférieure aux deux premières : elle a l'inconvenient de déposer promptement; mais elle est d'un beau noir et coule bien du bec de la plume. La potasse est le réactif qui l'attaque le plus facilement.

M. Da-Olmi a présenté trois échantillons d'encre à la commission; la meilleure, qui est l'encre contenue dans la bouteille n° 3, n'est que très-peu altérable par le moyen des réactifs, elle est d'une belle nuance et forme bien les pleins et les déliés; mais les caractères tracés avec cette encre sont un peu effacés par la potasse. Elle laisse déposer beaucoup trop promptement son principe

colorant, et s'est en outre complètement altérée dans la bouteille.

La commission croit enfin devoir faire ici mention d'un charbon très-divisé qui lui a été remis par M. Cagniart-Latour, et qui est obtenu en traitant à chaud le noir de fumée par l'acide sulfurique : ce noir qui reste très-long-temps en suspension dans l'eau distillée, serait bien convenable pour la fabrication des encres indélébiles ; mais la commission n'en ayant reçu qu'un trop faible échantillon n'a pas pu en bien étudier l'emploi ; elle ne cite donc ce produit que pour ne rien laisser en arrière de tout ce qui peut contribuer à améliorer la préparation des encres de sûreté.

Des encres indélébiles solides adressées à l'Académie.

La commission n'a reçu que trois échantillons d'encre indélébile à l'état solide ; elle a soumis ces encres à toutes les épreuves qu'elle a fait subir aux autres encres indélébiles liquides et dont on voit les détails dans les cinq tableaux déposés sur le bureau.

La commission n'allongera pas son rapport en décrivant toutes les expériences qui ont été faites ; elle présentera seulement les encres dont il s'agit dans l'ordre de bonté qu'elle leur a reconnu.

Elle mettra au premier rang l'encre asphalique en bâton présentée par M. Dizé. Cette encre qui se délaye comme celle de la Chine, a l'inconvénient de se délaver en partie et d'être attaquée par les alcalis, lorsqu'elle est fraîchement employée ; de ne pas bien couler, d'amollir

les plumes et de ne présenter qu'une couleur matte et sans éclat ; mais, étant desséchée sur le papier, elle résiste à l'action combinée des réactifs, au moins aussi bien que l'encre asphalique du même fabricant et dont nous avons parlé plus haut.

Vient ensuite l'encre en bâton présentée par M. de Lasteyrie. Cette encre, quoique assez indélébile, est, sous tous les rapports, un peu inférieure à celle de M. Dizé.

La commission place enfin au troisième rang l'encre en poudre envoyée par M. Tarry. Cette encre, qu'un rapport favorable fait à l'Académie en 1810 (1) par MM. Berthollet, Vauquelin et Deyeux, avait fait connaître avantageusement, a une couleur bleue foncée. L'écriture que l'on trace en s'en servant paraît d'un assez beau noir ; elle résiste assez bien à l'action successive des réactifs, et mérite à cet égard l'approbation qui lui a été donnée. Cependant elle dépose, ne coule pas parfaitement et attaque un peu les plumes. M. Tarry a essayé de convertir son encre en bâton ; mais les échantillons qu'il a envoyés sous cette forme, ne présentent pas assez de solidité pour pouvoir être employés facilement : à la longue, plusieurs sont même tombés en poudre, ce qui est un grave inconvénient.

---

(1) Le rapport dont il s'agit a été publié dans les *Annales de Chimie*, t. 75, p. 194.

Réflexions de la Commission sur les encres qui viennent d'être examinées. Résultat de ses recherches.

La Commission, après avoir soumis à des expériences multipliées et comparatives les divers échantillons d'encre envoyées à l'Académie, croit devoir établir les règles les plus propres à diriger l'administration vers le but qu'elle se propose d'atteindre. Elle préparera ainsi les conclusions de la première partie de son Rapport.

La Commission a rangé les meilleurs échantillons d'encre indélébile qui ont été le sujet de son examen, dans l'ordre des qualités qu'elle croit devoir leur attribuer; mais la composition de ces encres étant tenue secrète par leurs auteurs, elle ne peut en conseiller l'emploi à l'administration, attendu que celle-ci ne doit pas admettre en principe qu'une recette secrète, qui est la propriété d'un seul homme, sera en tout temps fidèlement et strictement exécutée (1). Ce motif a dû déterminer la Commission à chercher dans les nombreuses expériences qu'a exigées le travail dont elle a été chargée, et dans la lecture de ce qui a été publié à ce sujet, les moyens de composer une encre indélébile et dont la recette pût être rendue publique. Nous avons dit qu'avant la lettre de M. le ministre de la justice à l'Académie, on

(1) Le 21 décembre 1820, M. le préfet du Pas-de-Calais a écrit au ministre de l'intérieur, que la recette d'encre indélébile indiquée par M. Cellier dans le t. 3, p. 97, des Brevets, induisait en erreur, et ne pouvait produire l'encre annoncée.

ne connaissait pas d'encre liquide absolument indélébile, et que surtout les encres données comme telles étaient loin d'avoir les qualités qui rendent l'emploi de l'encre ordinaire si facile. L'examen des pièces qui nous ont été adressées a prouvé que cet état de choses avait été amélioré, mais que la question n'était pas résolue; et il y a plus, c'est que la Commission en est venue à penser que le but ne pouvait être entièrement atteint par la fabrication d'une encre vendue à l'état liquide. En effet, dans toutes les encres de cette nature qui ont été examinées, la partie colorante tendait beaucoup trop à se déposer par son excès de densité : l'expérience de plusieurs années nous a d'ailleurs prouvé que cet inconvénient s'aggravait de plus en plus, et que les molécules colorantes réunies par la force de cohésion, finissaient même à la longue par ne plus pouvoir rester en suspension dans le liquide qui perdait ainsi sa propriété atramentaire. Il suit de là que l'emploi des encres indélébiles liquides restées long-temps en bouteille, ne serait plus ni facile ni sûr, et que les consommateurs, faisant peu d'affaires, se trouveraient souvent exposés, s'ils achetaient des encres indélébiles liquides, à n'employer que des encres détériorées et ne présentant plus les garanties suffisantes. Ces objections ont paru assez graves à la Commission pour lui faire penser que si, dans l'état actuel des choses, le problème pouvait être complètement résolu, ce ne serait que par l'usage d'une encre indélébile solide : c'est ce qui l'a engagée à essayer d'apporter des perfectionnemens dans l'emploi de cette espèce d'encre.

Parmi les encres indélébiles en bâton qui se trouvent dans le commerce, celle de la Chine nous a paru méri-

ter la préférence sur toutes les autres pour servir de base au travail dont il s'agit. La composition de cette encre n'est pas, à la vérité, bien connue en France; mais le commerce la fournit depuis si long-temps, en si grande quantité, et à si bas prix, qu'on ne peut la considérer comme étant le résultat d'une recette secrète, et que sa bonne qualité n'est évidemment pas dépendante de la volonté d'un seul fabricant. On ne peut reprocher à l'encre de la Chine, que de ne pas pénétrer assez avant dans les papiers collés tels qu'on les veut maintenant; car cette encre, qui est complètement inaltérable par les réactifs, se conserve sans peine et indéfiniment, se fixe chimiquement au papier et y serait absolument indélébile si elle pouvait toujours y pénétrer suffisamment.

Il se fabrique en Europe une espèce d'encre solide composée de noir de fumée, de colle animale et de gomme, à laquelle on donne ordinairement les caractères extérieurs de l'encre de la Chine et qui est souvent mise dans le commerce comme venant de ce pays. Cette encre délayée dans de l'eau se fixe moins bien sur le papier et est, sous ce rapport, inférieure en qualité; mais elle convient pour le travail dont nous allons nous occuper. On pourrait donc s'en servir, à défaut d'encre de la Chine; aussi tout ce qui va être dit relativement à l'emploi de cette dernière encre, pourra-t-il s'appliquer également à celle qui se fabrique en France et dont nous venons de parler.

L'encre dont les anciens faisaient usage, et qui était, comme nous l'avons dit, composée de noir de fumée et de gomme, avait, comme l'encre de la Chine, l'inconvénient de ne pas pénétrer assez avant dans le papier.

Pline nous apprend que pour rendre son emploi plus sûr, il fallait la délayer avec du vinaigre, et la commission a constaté la bonté de ce procédé; d'un autre côté, la Commission savait que M. Berzelius avait employé avec succès l'acide hydrochlorique pour délayer l'encre de la Chine, et que M. Hauffmann avait proposé, en 1805, l'emploi du sulfate et de l'acétate de manganèse pour la fabrication d'une couleur indélébile propre à marquer les chefs des toiles peintes. Partant de ces données, la commission a fait un grand nombre d'essais qui l'ont amenée à établir les deux recettes d'une encre indélébile qui suivent et dont elle n'hésite pas à garantir l'usage.

La première de ces encres se compose en délayant de l'encre de la Chine dans de l'acide hydrochlorique faible.

En voici la recette :

Première encre indélébile proposée par la Commission. — *On prend de l'acide hydrochlorique. On y ajoute assez d'eau pour le réduire à 1 degré ½ au pèse-liqueur de Beaumé, ou à 1010 de pesanteur spécifique* (1). *On se sert de cet acide ainsi affaibli, au lieu d'eau, pour délayer l'encre de la Chine avec laquelle on veut écrire, et on opère absolument comme on a coutume de le faire en se servant de cette espèce d'encre* (2).

---

(1) 100 de cet acide doivent pouvoir dissoudre 3 de marbre blanc.

(2) Si l'on avait à écrire sur du papier mince ou peu collé,

L'encre de la Chine se délaye plus facilement avec l'acide hydrochlorique qu'en employant de l'eau ; aussi l'encre dont nous parlons se prépare-t-elle avec la plus grande facilité. Elle coule bien de la plume et pénètre convenablement dans le papier. Cette encre a en outre l'avantage du bas prix : il suffit, en effet, de délayer 4 ou 5 grammes d'encre de la Chine dans un kilogramme d'acide hydrochlorique à 1 degré 5, pour avoir 1 litre d'encre indélébile d'une bonne nuance ; or, l'encre de la Chine ne revenant en gros qu'à 20 fr. le kilogramme, l'acide hydrochlorique à 1 degré 5 ne coûtant que 2 cent. le litre, et une ouvrière payée à raison de 1 fr. par jour, pouvant préparer trois litres d'encre dans sa journée, il suit de là qu'un litre de l'encre dont nous parlons ne reviendrait au plus qu'à 42 cent., tandis que l'encre ordinaire se vend en gros de 50 à 60 cent. le litre.

Le tableau n° 3 qui présente tous les essais auxquels

---

il y aurait de l'avantage à employer de l'acide hydrochlorique plus faible pour délayer l'encre de la Chine : sans cela, l'encre pourrait pénétrer dans le papier au point de paraître sur la surface opposée, ce qui empêcherait qu'on pût y écrire. La Commission conseillerait, dans ce cas, de réduire l'acide hydrochlorique à 1 degré ou à 1007 de pesanteur spécifique. A cette densité, 100 d'acide doivent pouvoir dissoudre au plus 2 de marbre blanc. Le tableau n° 4 présente les essais faits sur papier mince, avec de l'encre préparée en délayant l'encre de la Chine dans de l'acide hydrochlorique à 1 degré. On voit que ces essais ne laissent rien à désirer tant sous le rapport de la pénétration que sous celui de l'indélébilité.

l'écriture tracée avec cette encre a été soumise, prouve qu'elle est complètement indélébile (1). Quant à l'emploi de l'acide hydrochlorique, la commission sait que quelques acides, en se concentrant sur le papier, pourraient le détruire à la longue; mais considérant que l'encre ordinaire qui contient de l'acide sulfurique en excès, ne nuit que bien rarement à la durée des papiers; que de tous les acides minéraux, l'acide hydrochlorique est celui qui doit inspirer le moins de craintes à cet égard, parce qu'il se volatilise facilement; sachant que les papiers contiennent toujours plus ou moins de carbonate de chaux; ayant d'ailleurs par devers elle des expériences favorables datant de deux années et dans lesquelles l'acide hydrochlorique avait été cependant employé à une densité quatre ou cinq fois plus grande, il lui paraîtrait superflu de penser à saturer sur le papier le peu d'acide qu'y porte l'écriture.

La seconde encre indélébile dont la Commission conseillera l'usage, se prépare en délayant de l'encre de la Chine dans une dissolution d'acétate de manganèse contenant excès d'acide, et elle est rendue indélébile sur le papier en exposant l'écriture à la vapeur de l'ammoniaque liquide : voici la recette à suivre pour composer cette

(1) Cette encre, conservée dans une bouteille, laisse déposer promptement une partie de son principe colorant. Si l'on voulait en préparer à l'avance pour le service de la semaine, ou conserver pour le travail du lendemain celle qui n'aurait pas été employée à la fin de la journée, il faudrait avoir soin de l'agiter avant d'en faire usage.

encre et les précautions à prendre pour obtenir de bons résultats de son emploi.

Deuxième encre indélébile proposée par la Commission. — *Prenez une dissolution d'acétate de manganèse marquant* 10 *degrés au pèse-liqueur de Beaumé, ou ayant* 1074 *de pesanteur spécifique; ajoutez-y* $\frac{1}{9}$ *de son volume d'acide acétique, saturant, au cent, environ* 160 *de carbonate de soude cristallisé, et servez-vous de cette liqueur pour délayer de l'encre de la Chine; l'écriture étant tracée avec cette encre, il ne restera plus, pour la fixer sur le papier et pour lui donner toute l'indélébilité désirable, qu'à l'exposer au-dessus d'un vase contenant de l'ammoniaque liquide et placé soit dans une armoire, soit dans une caisse pareille à celle qui nous a servi à cet usage et dont nous donnons le dessin.*

La nécessité où l'on est de décomposer ici l'acétate de manganèse, après l'application de l'encre sur le papier pour l'y rendre indélébile, complique, il est vrai, ce procédé; mais cette encre, sans être acide, est aussi indélébile que la précédente, et n'a contre elle que le soin particulier qu'exige son emploi. Cette difficulté ne sera d'ailleurs que peu sensible quand on aura à faire usage de l'encre dont il s'agit dans les bureaux où l'on pourra facilement avoir de l'ammoniaque et employer cet alcali, comme nous l'avons indiqué plus haut.

Le tableau n° 5 que nous présentons à l'Académie contient les résultats obtenus en essayant cette encre par les réactifs convenables. Les preuves de son indélébilité y sont si bien établies, qu'il serait inutile de rien ajouter à ce sujet. Après avoir ainsi terminé ce que nous

avions à dire relativement à la préparation et à l'emploi des encres indélébiles, nous allons passer à l'examen de ce qui concerne les papiers de sûreté.

Des papiers de sûreté présentés à l'Académie.

Différens papiers de sûreté ont été proposés à l'Académie par M. Coulier, M. Chevalier, M. Mérimée, et enfin par MM. Chevalier et Peytal. Dans l'examen que nous allons en faire, nous signalerons les analogies qu'ils peuvent avoir avec les papiers de sûreté connus avant 1826 et dont nous avons parlé plus haut (Introduction historique). Après cet examen, nous chercherons à fixer la véritable valeur du papier de sûreté, lorsqu'il s'agit de garantir des transactions écrites avec de l'encre ordinaire, et enfin nous indiquerons le moyen qui nous paraît le meilleur pour empêcher que le fisc ne soit lésé dans ses intérêts par suite de la remise en circulation du vieux papier timbré blanchi clandestinement. Nous aurons ainsi envisagé les papiers de sûreté dans leurs rapports avec les deux questions proposées par le ministre de la justice.

Papier de M. Coulier. — M. Coulier prépare son papier de sûreté de la manière suivante. Il passe une planche d'acier damassé à l'eau forte; de là résulte une gravure extrêmement fine et très-compliquée dans ses linéamens; il l'imprègne d'une couleur noire dont il n'a pas fait connaître la composition, mais qu'on sait être destructible par le chlore; puis il applique cette planche par un procédé ingénieux sur le papier qu'il veut garantir. C'est sur le dessin ainsi imprimé qu'on écrit

ensuite, avec de l'encre ordinaire, la valeur d'un effet de commerce ou plus généralement les stipulations principales d'un acte quelconque.

Il est aisé de voir que le faussaire qui voudra changer cette valeur, cette stipulation, ne pourra y parvenir sans détruire le dessin qui est dessous; or, ce dessin est si fin, si compliqué, qu'il est pour ainsi dire impossible à reproduire autrement qu'avec la planche qui l'a fourni; dès-lors si l'écriture d'un billet, garanti par le procédé de M. Coulier, est falsifiée, cette altération sera toujours facilement reconnue par celui qui l'aura souscrit.

L'idée d'imprimer avec une planche d'acier damassé un dessin si fin et si compliqué, que l'imitation en est extrêmement difficile, appartient à M. Molard aîné, qui, comme nous l'avons déjà dit, avait proposé de se servir de ce moyen pour garantir les assignats. L'heureuse idée qu'a eue M. Coulier d'imprimer ce dessin, non plus avec de l'encre d'imprimeur, mais avec une couleur altérable, a ajouté une garantie de plus au premier procédé. Le papier de M. Coulier a été adopté par plusieurs maisons de commerce pour leurs lettres de change, et, pour cet usage, il est économique et paraît atteindre parfaitement le but de l'inventeur; mais si on voulait l'appliquer à garantir le papier timbré, la cherté de l'impression des gravures en taille douce et le temps qu'elle exige seraient de grands obstacles.

Papiers de sûreté proposés par M. Chevallier. — M. Chevallier a envoyé à l'Académie des papiers de sûreté de deux genres: les uns unis et colorés en pâte; les autres à *dessins* qu'on y a imprimés au moyen d'un tissu très-clair faisant l'office de planches; les couleurs

appliquées sur ces papiers sont toutes altérables par les agens qui font disparaître l'encre à écrire; par conséquent celle-ci ne peut être détruite sans que les couleurs ne le soient.

Les papiers unis, analogues à ceux que M. Haldat proposa en 1805, ont l'inconvénient de pouvoir être facilement recolorés après leur falsification.

Les papiers du second genre sont une imitation du papier de sûreté à dessins réguliers dont il a été question précédemment; mais ils sont loin de présenter le même degré de garantie que ce dernier : les dessins des papiers de M. Chevallier ont l'aspect désagréable, à cause de l'inégalité des lignes et de leur défaut de symétrie. Il n'en est pas de même du papier dont les dessins ont été faits au tour à guillocher. Celui-ci, comme ceux de M. Coulier, a en outre le grand avantage sur les autres que dans le cas d'une discussion devant les tribunaux, la personne qui aurait souscrit un effet de commerce sur ces papiers aurait toujours la faculté de reproduire le type original du dessin qui leur sert de garantie; dès-lors on pourrait constater si les dessins du papier argué de faux par la personne qui l'a souscrit, sont ou ne sont pas identiques avec la planche gravée. Il est d'autres objections à faire aux papiers proposés par M. Chevallier; mais ces objections étant communes à d'autres, nous n'en parlerons qu'après avoir examiné tous ceux qui ont été proposés à l'Académie.

Papiers de sûreté proposés par M. Mérimée. — M. Mérimée, donnant plus de développement à l'idée qui sert de base au brevet de MM. Lévrier, Delisle et Guittot, a proposé de fabriquer un papier de sûreté, en

ajoutant à la pâte de papier des filamens de laine, de coton ou de chanvre, teints en diverses couleurs, dont les unes s'altéreraient par les acides et les autres par les alcalis, et qui toutes seraient blanchies par le chlore : voici la manière dont cette proposition a été réalisée.

De la laine mordancée avec de l'alun et du tartre a été teinte en rouge avec du bois de Brésil ; de la laine a été teinte en bleu violet avec du sulfate de cuivre et du bois de Campêche. Pour cent parties de pâte de papier séché, on a pris de deux parties à deux parties 5 d'un mélange à poids égal de laine rouge et de laine d'un bleu violet. Du papier a été confectionné avec ces matières sous la direction du rapporteur, et avec l'autorisation du gouvernement, à la papeterie de Cusset, département de l'Allier, où se fabrique le papier destiné à être timbré.

S'il est vrai que la fabrication de ce papier est économique, et que les filamens colorés n'en rendent pas l'aspect désagréable ; s'il est prouvé, comme l'indiquent les attestations qui nous ont été données par MM. Borde, administrateur du timbre, et Desmortiers, juge au tribunal de 1re instance, que ces filamens ne nuisent ni à la régularité des lettres, ni à la facilité de les tracer, ni à la conservation du bec de la plume ; s'il est reconnu enfin qu'un faussaire qui aurait fait disparaître de dessus ce papier l'écriture et les couleurs des filamens, éprouverait plus de difficulté pour redonner à ceux-ci leurs teintes particulières que pour reteindre un papier uni, cependant il est de si fortes objections contre le papier qui a été fabriqué sur la proposition de M. Mérimée, que la Commission ne peut en proposer l'usage.

Dans plusieurs essais auxquels ce papier a été soumis,

après qu'on y a eu tracé de l'écriture avec de l'encre ordinaire, on a vu souvent les lettres disparaître par le chlore, sans que les filamens rouges se fussent décolorés; on a d'ailleurs constaté que ces papiers exposés simplement au soleil et à l'atmosphère blanchissent promptement. D'après ces faits, on conçoit la possibilité qu'une écriture soit substituée à une autre, sans que les filamens soient altérés, et on conçoit encore que ces filamens n'offriraient aucun secours à des juges appelés à prononcer sur un papier argué de faux, parce que les filamens seraient décolorés.

Mémoire de MM. Chevallier et Peytal.—MM. Chevallier et Peytal, doutant de la possibilité de préparer une encre complètement indélébile ou d'obliger à en faire généralement usage, proposent dans le mémoire qu'ils ont adressé à l'Académie, divers moyens pour garantir les actes. Après avoir conseillé l'emploi des papiers colorés en pâte, ils présentent des observations fort judicieuses sur le danger qu'il y aurait à ce que l'on fît rentrer dans le commerce les vieux papiers timbrés après les avoir seulement blanchis. MM. Chevallier et Peytal ont en outre proposé de dater les papiers timbrés dans le cours de leur fabrication, et d'y appliquer en sens divers des estampilles imprimées avec une couleur très-délébile, sur lesquelles il serait ordonné d'écrire et qui disparaîtraient aux premiers essais de blanchiment. Ces auteurs n'ont donné aucun renseignement sur la préparation des papiers colorés dont ils proposent l'emploi; mais on voit que leur mémoire contient, sous d'autres rapports, plusieurs renseignemens utiles.

Considérations générales sur l'usage des papiers de sûreté.

Des matières colorantes ne peuvent garantir du papier qu'autant qu'elles sont altérables par les agens qui détruisent l'encre ordinaire; malheureusement ces matières se dénaturent sous l'influence de l'atmosphère et de la lumière, et la plupart sont, en outre, susceptibles de recevoir du contact de corps auxquels elles peuvent être accidentellement exposées, la même altération qu'elles éprouveraient des agens chimiques employés pour opérer la falsification des actes : il suit de là que des experts qui devraient juger des écritures tracées sur des papiers de sûreté et arguées de faux, se trouveraient dans un grand embarras s'ils avaient à examiner des papiers tachés ou complètement décolorés. En effet, il n'existe pas de loi qui prononce qu'un acte n'est bon que lorsqu'il est écrit sur un papier portant des caractères définis; le faussaire pourrait donc encore éluder les châtimens qu'il aurait justement encourus; mais, en nous expliquant ainsi sur la valeur des papiers de sûreté en général, nous ne prétendons pas en proscrire l'usage; car ils peuvent être utiles lorsqu'on n'emploiera pas les encres indélébiles que nous avons prescrites. Par exemple, nous reconnaissons l'utilité du papier de M. Coulier pour les effets de commerce; celle du papier à dessins fins et réguliers, et même celle d'un papier uni, coloré dans sa pâte, pour les actes d'une plus grande dimension; car il y a tel faussaire qui pourrait altérer un acte sur papier blanc, et qui échouera s'il s'agit d'en altérer un autre sur papier coloré uni, et à plus forte raison sur papier

portant des dessins difficiles à imiter et dont on pourrait toujours représenter le type. Tout ce que nous avons voulu dire, c'est que les garanties qu'offrent les papiers de sûreté n'ont point la même valeur que celles obtenues de l'emploi des encres indélébiles dont nous avons donné plus haut la préparation.

Réponse à la seconde question proposée par M. le ministre de la justice.

Si l'emploi des encres indélébiles était exclusivement ordonné par une loi pour les écritures sur papier timbré, il est évident que le fisc serait, par là même, garanti contre toute tentative de blanchiment du vieux papier timbré ; mais comme il n'en est pas ainsi, la Commission a cherché des moyens économiques d'arriver au même but, et voici ceux qu'elle propose à l'administration.

On imprimera sur du papier ordinaire, non point en taille douce, mais au cylindre, et comme on le fait aujourd'hui dans quelques fabriques de papiers peints, des dessins à traits fins, ondulés et symétriques, tels qu'on peut les obtenir au tour à guillocher. On emploiera pour couleur l'encre ordinaire convenablement épaissie, ou le précipité noir qui se forme dans les chaudières à teinture des chapeliers. Les dessins auront quatre centimètres de largeur et se trouveront au milieu du recto du feuillet timbré et dans le sens de sa longueur.

Quant aux actes passés sur papier ordinaire et qu'on voudra faire timbrer, nous pensons qu'on y parviendra en remplaçant le cylindre par une roulette.

Les dessins dont nous parlons étant aussi durables que

l'encre ordinaire, ils seront visibles aussi long-temps que l'écriture que l'on tracerait dessus avec l'encre commune. On ne pourra donc craindre que ces dessins venant à s'effacer, on puisse en tirer des conséquences contre la légalité de l'acte. Nous proposerons, d'ailleurs, de joindre au moyen de sûreté que nous venons d'indiquer, la garantie que l'on obtiendrait en datant les papiers timbrés soit dans leur pâte, soit après leur fabrication. Nous ne pensons pas au reste que le bénéfice que peut donner le blanchiment frauduleux du vieux papier timbré puisse jamais être assez grand pour déterminer le faussaire à supporter les frais considérables qu'entraînerait la restauration complète de ces papiers et à s'exposer, en outre, aux dangers que lui présenterait une opération de cette nature.

Conclusions.

D'après les observations qui précèdent, la Commission a adopté les conclusions suivantes :

Relativement à la première question, c'est-à-dire aux moyens de prévenir la falsification des écritures, la Commission pense qu'on arrivera infailliblement à ce but en se servant des encres indélébiles préparées avec l'encre de la Chine délayée soit dans l'acide hydrochlorique faible, soit dans l'acétate de manganèse avec excès d'acide, et en opérant comme elle l'a indiqué dans son Rapport.

Considérant néanmoins que, dans bien des cas, on fera encore usage de l'encre commune, qu'alors les papiers de sûreté, quoiqu'ils n'offrent pas à beaucoup près

la garantie que l'on trouve dans l'emploi des encres indélébiles, peuvent cependant rendre les faux plus rares et plus difficiles, la Commission pense que l'usage de ces papiers peut aider à la solution de la première des questions qui lui ont été soumises, et croit devoir en recommander subsidiairement l'emploi. Elle fera d'ailleurs observer que le papier timbré dont il va être parlé pourra remplir le même but.

Quant à la seconde question, qui est relative aux moyens à employer pour empêcher le blanchiment frauduleux des vieux papiers timbrés, la Commission pense que l'administration parviendra à ce résultat :

1°. En faisant imprimer aux cylindres, sur tous les papiers soumis au timbre, une vignette gravée au tour à guillocher, qui serait placée à droite des timbres, au milieu et sur toute la longueur de chaque feuille.

2°. En employant pour cette impression une couleur qui aurait pour base le précipité noir qui se forme dans les chaudières à teinture des chapeliers, ou l'encre elle-même convenablement épaissie à la manière des fabriques de toiles peintes.

3°. Enfin, en donnant aux papiers timbrés une date légale, que l'on obtiendrait soit en l'imprimant dans la pâte, soit en la gravant sur la vignette ou sur les timbres, et plus simplement encore en faisant tourner, chaque année, sur lui-même le timbre sec dont toutes les feuilles de papier timbré doivent porter l'empreinte.

Signé, Thenard, G. S. Sérullas, le comte Chaptal, Gay-Lussac, Dulong, E. Chevreul, D'Arcet, rapporteur.

SUR *les Changemens de volume dans les mélanges d'alcool et d'eau.*

PAR FR. RUDBERG.

(Communiqué par l'auteur.)

Il est déjà reconnu que le volume d'un mélange de deux liquides hétérogènes n'est jamais égal à la somme de leurs volumes. Le changement du volume varie avec les proportions dans lesquelles les liquides sont mêlés, et atteint par conséquent pour un certain mélange son maximum, qui paraît en général avoir lieu à l'occasion d'un simple rapport atomistique des composans. M. *Ure* a déjà montré que la plus forte contraction des mélanges d'huile de vitriol et de l'eau a lieu lorsque la quantité de l'oxigène est également répartie entre ces deux substances. Un résultat analogue se présente dans les mélanges d'alcool et d'eau : le maximum de la contraction s'observe quand les deux liquides sont mêlés de manière que l'oxigène de l'eau soit à celui de l'alcool dans le rapport de 3 à 1.

Pour prouver ce fait, il suffit de calculer les contractions d'après les pesanteurs spécifiques, observées depuis très-long-temps, dans les mélanges de ces deux derniers liquides.

Le tableau suivant contient dans sa première colonne les volumes d'alcool absolu, celui du mélange étant représenté par 100; dans la seconde, les pesanteurs spécifi-

ques correspondantes du mélange, telles qu'elles résultent jusqu'à 30 pour cent des expériences de M. *Gay-Lussac*, à + 15° centig., et au-dessous de ce point d'après les expériences de M. *Tralles*, réduites convenablement à la température de 15° et à la densité de l'eau à cette même température. La troisième colonne montre les contractions en centièmes.

POUR CENT.	PESANT. SPÉCIF. à + 15°.	CONTRACTION.
100	0,7947	0,00
95	0,8168	1,18
90	0,8346	1,94
85	0,8502	2,47
80	0,8645	2,87
75	0,8779	3,19
70	0,8907	3,44
65	0,9027	3,615
60	0,9141	3,73
55	0,9248	3,77
50	0,9348	3,745
45	0,9440	3,64
40	0,9523	3,44
35	0,9595	3,14
30	0,9656	2,72
25	0,9711	2,24
20	0,9761	1,72
15	0,9812	1,20
10	0,9867	0,72
5	0,9928	0,31
0	1,0000	0,00

Il résulte de ce tableau que l'alcool et l'eau, étant mêlés dans quelques proportions que ce soit, subissent toujours une contraction qui, vers les 55 pour cent, parvient à son maximum, d'environ 3,77 pour cent.

Pour déterminer exactement ce point, on peut supposer l'équation :

$$c = A + Bp + Cp^2 + Dp^3$$

entre la contraction c et le pour cent p. En choisissant alors les observations pour les 70, 65, 45 et 40 pour cent, qui sont situés dans le voisinage du maximum, on obtient, en multipliant, pour abréger les coefficiens de la formule, les contractions par 10, et en divisant par ce même nombre les pour cent :

$$c = -23{,}00 + 25{,}35.\,p - 3{,}15.\,p^2 + 0.10\,p^3.$$

Pour la contraction de 60 pour cent, cette formule donne 3,730, et conséquemment la même qu'a donnée l'observation; les contractions de 55 et 50 deviennent 3,777 et 3,750.

L'équation, qui servirait à la détermination du maximum, se trouve :

$$0 = 25{,}35 - 6{,}30\,p + 0{,}30\,p^2.$$

dont l'une des racines = 5,4256 donne c = 37,78; d'où il suivrait que la plus grande contraction aurait lieu à 54,25 pour cent, et monterait à 3,778.

Les expériences que j'ai entreprises, et dont les résultats sont contenus dans le tableau suivant, ne sont pas faites avec de l'eau et de l'alcool absolu, mais avec de

l'eau et de l'esprit de vin, dont la pesanteur spécifique était à $+ 15° = 0,83991$, celle de l'eau à la même température étant prise pour unité.

NUMEROS DES EXPÉRIENCES.	L'EAU.	ESPRIT DE VIN de 0,83991 EN VOLUME.	PESANT. SPECIF. du MÉLANGE.	CONTRACTION.
1	36,253	136,860	0,88783	1,648
2	41,907	133,674	0,89413	1,823
3	45,070	130,205	0,89795	1,916
4	49,525	126,573	0,90314	2,056
5	55,271	124,267	0,90845	2,166
6	59,574	114,761	0,91511	2,291
7	62,137	110,138	0,91907	2,387
8	66,832	105,923	0,92375	2,430
9	72,812	102,821	0,92895	2,501
10	76,336	97,970	0,93309	2,536
11	80,217	93,832	0,93713	2,566
12	82,358	85,877	0,94187	2,569
13	91,697	80,531	0,94882	2,560
14	99,111	76,693	0,95319	2,477

Ces expériences donnent les contractions telles qu'elles sont entre l'esprit de vin employé et l'eau; cependant on en peut facilement calculer les contractions de l'alcool absolu et de l'eau, en connaissant seulement celle de l'esprit de vin. En supposant qu'à un volume u de l'esprit de vin, composé d'un volume d'alcool $= v$, et d'un volume d'eau $= V$, on a ajouté un volume d'eau $= W$, en sorte que le volume du mélange soit $= U$, on aura la contraction observée :

$$e = 100. \left(\frac{u + W}{U} - 1\right)$$

La contraction absolue C du mélange sera de même :

$$C = 100.\left(\frac{v + V + W}{U} - 1\right)$$

et celle qui a déjà eu lieu dans l'esprit de vin :

$$c = 100.\left(\frac{v + V}{u} - 1\right)$$

d'où l'on a, par l'élimination :

$$C = e + c\,\frac{u}{U}$$

Quant au pour cent p d'alcool que contient le mélange, il est donné par l'équation :

$$p = P\,\frac{u}{U}$$

dans laquelle P est le pour cent d'alcool dans l'esprit de vin.

Si à présent on cherche dans le tableau rapporté au commencement de cette note la contraction c et le pour cent p d'alcool absolu dans l'esprit de vin dont la pesanteur spécifique $= 0,83991$, on trouve $c = 2,120$ et $p = 88,30$. Les formules deviennent par conséquent :

$$C = e + 2,120\,\frac{u}{U}$$

et :

$$p = 88,30 \frac{u}{U}.$$

Les pour cent en alcool et les contractions correspondantes, calculées d'après ces formules, se trouvent dans le tableau suivant :

NUMEROS des EXPÉRIENCES.	POUR CENT.	CONTRACTION.
1	70,96	3,351
2	68,45	3,466
3	66,85	3,521
4	64,77	3,601
5	62,44	3,665
6	59,46	3,718
7	57,80	3,774
8	55,45	3,761
9	52,98	3,773
10	50,89	3,758
11	48,82	3,738
12	46,23	3,679
13	42,34	3,576
14	39,47	3,424

En prenant, pour la détermination des coefficiens dans l'équation, entre les contractions et les pour cent, les observations 1, 5, 10 et 14, qui sont situées deux à chaque côté, à une distance presque égale du maximum, on a :

$$C = -17,427 + 22,1751\,p - 2,5381\,p^2 + 0,059865\,p^3.$$

et par suite, pour déterminer le maximum, l'équation :

$$0 = 22,1751 - 5,0762. p + 0,17959. p^2.$$

dont l'une des racines, étant = 5,400, donne $C = 37,75$.

Le maximum de contraction, d'après ces observations, se trouverait ainsi à 54,00 pour cent, et serait = 3,775, c'est-à-dire que le volume serait diminué de 103,775 à 100.

D'après l'analyse de l'alcool absolu, il contient en poids 34,454 pour cent d'oxigène. Les 54 pour cent en volume, ou 42,913 pour cent en poids d'alcool, contiennent, par suite en oxigène, 14,785, et les 49,77 pour cent en poids d'eau, une quantité d'oxigène = 44,248, laquelle est presque exactement le triple de 14,785. *D'où il suit que le mélange qui est le plus contracté se trouve composé des 3 atomes d'eau et d'un atome d'alcool.*

Si l'on calcule le rapport des volumes dans un tel mélange, dans la supposition qu'il soit contracté de 3,775 pour cent, on le trouve composé de 53,939 volumes d'alcool absolu, et de 49,836 volumes d'eau ; ce qui ne diffère que d'un quart du pour cent du résultat calculé d'après les expériences de M. *Gay-Lussaç*, et qui s'accorde presque parfaitement avec celui de mes expériences.

La valeur ainsi trouvée ne se rapporte qu'à la température de + 15°. A des températures plus basses, la contraction devient plus grande, et, au contraire, plus petite à des températures plus hautes ; car, d'après les observations de M. *Tralles*, on trouve :

à $+ 4°$	une contraction	$= 3,97$
à $+ 17°,5$		$= 3,60$
à $+ 37°,7$		$= 3,31$

Ce résultat était aussi facile à prévoir, parce qu'à une température plus basse, les particules étant plus rapprochées, leur attraction mutuelle devait devenir plus grande, et par suite, produire une plus grande contraction de la masse.

Comme on l'a déjà remarqué, l'acool et l'eau *se contractent toujours* lorsqu'on les mêle. Cependant M. *Thillaye*, faisant des expériences avec des mélanges d'esprit de vin et d'eau, a trouvé quelquefois une *dilatation* ou *augmentation* de volume. Ce fait est vrai, mais loin d'être en contradiction avec l'autre, il en est une conséquence nécessaire, parce que l'eau-de-vie avec laquelle il faisait ses expériences était d'une pesanteur spécifique $= 0,9544$ à $+ 15°$, et avait par conséquent subi une contraction absolue $= 3,35$ pour cent. Nommant ainsi C la contraction totale du mélange, e la variation observée de volume, u le volume de l'eau-de-vie, et U le volume du mélange, on aura :

$$e = C - 3,35 \frac{u}{U}.$$

Si l'on calcule par cette formule la valeur de e pour les mélanges, dont M. *Thillaye* a déterminé les pesanteurs spécifiques, on obtient la troisième colonne du tableau suivant :

L'EAU en VOLUME.	L'EAU DE VIE en VOLUME.	*e*.
1	9	+ 0,11
2	8	+ 0,10
3	7	+ 0,09
4	6	+ 0,02
5	5	— 0,04
6	4	— 0,09
7	3	— 0,14
8	2	— 0,19
9	1	— 0,10

D'où il suit qu'en mêlant cette eau-de-vie avec plus de la moitié de son volume d'eau, le volume du mélange doit nécessairement devenir plus grand que la somme des deux volumes, comme l'avait aussi observé M. *Thillaye*.

RECHERCHES *sur la cause qui produit le Goître dans les Cordilières de la Nouvelle-Grenade.*

PAR J.-B. BOUSSINGAULT.

LORSQU'ON parcourt la Nouvelle-Grenade, on est frappé du grand nombre d'affections goîtreuses qui affligent les habitans de cette contrée. Tout en admirant au milieu des Cordilières cette nature si riche et si variée, on

éprouve un sentiment pénible en voyant presque partout l'homme atteint d'une infirmité répugnante, du goître, dont une conséquence immédiate, le crétinisme, présente l'état le plus déplorable sous lequel on puisse observer l'espèce humaine; aussi, en traversant un pays où le goître est fréquent, le voyageur se trouve-t-il comme naturellement porté à rechercher les causes qui peuvent le produire; il se demande souvent pourquoi dans tel village le goître est aussi commun, tandis que dans tel autre, soumis en apparence aux mêmes circonstances climatériques, cette maladie ne se montre pas.

C'est à la discussion des faits qui peuvent conduire à résoudre cette question importante que je me propose de me livrer dans ce travail. J'ai recueilli ces faits dans de nombreuses excursions entreprises dans la nouvelle Grenade; mais, avant d'entrer en matière, je dois commencer par déclarer que je ne possède pas les connaissances médicales nécessaires pour traiter convenablement un semblable sujet; et je n'entreprendrais même pas d'exposer ici mes propres observations, si je n'étais convaincu qu'il n'est pas indispensable d'être médecin pour rechercher la cause de l'endémicité d'une maladie quelconque; chacun peut, en discutant des observations faites dans un pays où une maladie est endémique, assigner les causes probables qui se produisent, et indiquer ainsi aux hommes qui, par état, s'occupent de l'art de guérir, les moyens de la combattre et de la faire disparaître.

Pour procéder avec méthode, je rappellerai d'abord les causes auxquelles on a attribué le plus communément l'origine du goître, en faisant voir en même

temps qu'aucune de ces causes ne saurait être admise comme générale ; je signalerai ensuite une circonstance qui peut avoir une influence marquée sur l'apparition de cette maladie, et j'apporterai, à l'appui de mon opinion, des faits et des expériences qui semblent déposer en sa faveur ; enfin j'indiquerai les précautions qui me paraissent devoir être prises dans les Cordilières, pour se mettre à l'abri des affections goîtreuses.

Je ne crois pas nécessaire de réfuter l'opinion qui attribue le goître à l'ivrognerie, à la malpropreté, à l'usage d'alimens grossiers ; sans doute que les auteurs d'une semblable opinion n'avaient pas eu l'occasion de séjourner dans un pays où le goître est commun ; autrement ils auraient pu observer cette maladie chez les individus les plus sobres et dans la classe aisée de la société.

Une autre opinion, peut-être même la plus accréditée en Europe, est celle qui fait naître le goître de l'influence d'un air chaud et humide ; c'est à cette cause que l'on attribue l'endémicité de cette maladie dans les Vosges, le Valais et les Pyrénées. Sans nier que cet état météorologique de l'air ait de l'influence sur l'apparition du goître, on ne saurait, ce me semble, l'admettre comme cause générale. On voit, il est vrai, des goîtres dans plusieurs villes de la Nouvelle-Grenade, qui, ayant peu d'élévation sur le niveau de la mer, possèdent un climat chaud et humide ; mais j'ai voyagé dans une des contrées les plus chaudes de l'Amérique méridionale, et qui est certainement la plus humide, le Choco, je n'y ai pas rencontré un seul individu qui fût atteint du goître ; cependant, lors de mon séjour à Novita, en

février 1829, la température s'est soutenue, de jour comme de nuit, entre 26 et 27° centigrades. L'hygromètre à cheveu indiquait de 90° à 100°. Cette humidité est générale dans tout le Choco, où il pleut presque continuellement.

Nous venons de voir que, dans un pays où l'homme est constamment plongé dans une atmosphère chaude et très-humide, il ne souffre pas du goître : je montrerai maintenant cette maladie dans des pays froids et peu humides.

Il y a des goîtres à Santa-Fé de Bogotà ; or, cette ville, qui est élevée de 2640 mètres au-dessus du niveau de la mer, possède une température moyenne de 14°,5 centig. ; et pendant les belles nuits, par un effet du rayonnement nocturne, le thermomètre descend quelquefois jusqu'à 7° centig.

En atteignant les régions élevées de l'atmosphère, soit en s'élevant dans un ballon, soit en montant sur le sommet d'une montagne isolée au milieu d'une plaine, on observe un décroissement rapide dans l'humidité des différentes couches d'air que l'on traverse. Il n'en est plus tout-à-fait ainsi lorsqu'on s'élève en gravissant les différens étages des Cordilières, le décroissement d'humidité est alors bien loin d'être aussi rapide.

Dans les villes placées sur le dos des Andes, l'état hygrométrique de l'air qu'on y respire n'est plus en rapport avec leur hauteur au-dessus de l'Océan. Ce fait s'explique aisément : les plateaux élevés des Andes, qui se trouvent peuplés, sont ordinairement arrosés par de nombreux cours d'eau ; l'air peut s'y charger d'humidité comme partout ailleurs, et si l'atmosphère est

réellement plus sèche sur ces plateaux, c'est uniquement parce que, quelle que soit leur élévation, ils sont toujours dominés par des montagnes encore plus élevées, et selon que l'air qui circule dans les villes situées sur le haut des Cordillères franchit, pour y arriver, des montagnes plus ou moins hautes, est lui-même plus ou moins sec.

A Santa-Fé de Bogotà, lorsque l'atmosphère est calme, qu'il fait beau, l'hygromètre de Saussure indique de 43° à 73°. Si le vent vient de l'ouest, il arrive sur le plateau, sans franchir aucune chaîne de montagnes élevées, de l'air qui a séjourné dans la vallée chaude de la rivière de la Magdalena, une partie de la vapeur qui se trouve dissoute dans cet air chaud se condense; il se forme des nuages, l'hygromètre marche rapidement dans l'humidité, la température de l'atmosphère s'abaisse de 1 à 2° centig., et il commence à pleuvoir.

Le contraire a lieu quand le vent souffle de l'E.; l'air, pour arriver sur l'esplanade, a traversé les Paramos de Chingaza, de Summa Paz, d'Usmé. Les Paramos sont des montagnes arides, dont la hauteur surpasse 3000 mètres : on observe dans cette circonstance une grande sécheresse dans l'air. Le 9 mars 1825, par un vent qui depuis plusieurs jours soufflait de l'E., j'ai vu à Santa-Fé, à midi, l'hygromètre à cheveu indiquer 26°; à midi $\frac{1}{4}$, il marquait 38°; à une heure, 57°. C'est la plus grande sécheresse que j'aie encore eu occasion de noter dans les Cordilières.

La petite ville de Chita, dans le département de Boyaca, est élevée de 2976 mètres au-dessus de la mer;

sa température moyenne est d'environ 11,5 cent. : lorsque le vent d'E. souffle dans cette ville, il doit y faire encore plus sec qu'à Santa-Fé, parce que Chita se trouve précisément au pied et à l'orient d'une chaîne de montagnes, dont un point, le Paramò de Chita, n'a pas moins de 3670 mètres de hauteur. Les goîtres sont excessivement communs à Chita.

Les eaux qui proviennent de la fonte des neiges ont aussi été signalées, et peut-être avec quelque fondement, comme capables de produire le goître chez les individus qui par leur situation sont obligés d'en faire usage. Dans la Nouvelle-Grenade, on observe en effet cette maladie chez les habitans des lieux où l'on boit de ces eaux, par exemple, à Mariquita, près de la rivière de Guali, qui sort du glacier de Ruiz, dans les environs d'Ibagué, sur les bords du torrent de Combayma, qui descend du pic neigeux de Tolima; mais la plupart des villes et des villages dans lesquels le goître est endémique sont éloignés des glaciers, et les eaux qui y sont en usage ne proviennent nullement de la fonte des neiges.

Les eaux de sources ont été également désignées comme propres à donner naissance au goître. Les uns ont attribué les propriétés nuisibles de ces eaux à leur basse température, les autres aux matières salines qu'elles tiennent quelquefois en dissolution.

Je ne connais dans la Nouvelle-Grenade que deux endroits où l'on boit de l'eau de source, dans le village d'Enemocon, sur l'esplanade de Bogotà, où il sort du grès une superbe fontaine; et dans la ville de Socorro, où l'on fait communément usage d'eau de source sor-

tant d'une roche calcaire. A Enemocon, je n'ai pas vu de goître; à Socorro, ils ne sauraient être plus communs ni plus volumineux. Ces deux faits diamétralement opposés peuvent cependant donner quelque poids à l'opinion qui fait dépendre les propriétés malfaisantes de l'eau de source des principes qui s'y trouvent dessous; car nous voyons l'eau d'Enemocon qui sort d'une roche fragmentaire quartzeuse, ne produire aucun mauvais effet, tandis que l'eau du Socorro, sortant d'une roche calcaire sensiblement soluble, surtout à la faveur de l'acide carbonique que ces eaux de sources contiennent, paraît occasioner le goître.

Cette remarque nous conduit naturellement à examiner si les qualités chimiques des eaux, la nature des matières qu'elles peuvent dissoudre, ont un effet immédiat sur l'origine des goîtres. La question des qualités chimiques des eaux se réduit à une question purement géognostique. On sait effectivement que l'eau, en traversant un terrain, ou en filtrant à travers les différentes strates qui le composent, acquiert quelquefois des propriétés qui la rendent, sinon nuisible, au moins désagréable au goût. J'examinerai donc si le terrain considéré géognostiquement a une influence perceptible sur la production du goître.

Dans la chaîne du littoral de Venezuela on trouve une série de roches granitoïdes, de gneiss, de micaschiste, passant au schiste talqueux ou au schiste argileux; ce sont ces roches, très-diversement associées, qui forment le terrain sur lequel est placée la ville de Caraças et toutes celles comprises dans les vallées de Aragua et du Tuy. Dans la province de Caracas, le

goître n'est certainement pas endémique ; on ne l'observe que très-rarement chez des personnes d'une constitution lymphatique.

Dans la province de Pamplona et dans celle du Socorro, on retrouve un terrain de granite, de gneiss et de micaschiste très-analogue à celui de Caracas : c'est sur ce terrain que sont bâties les villes de Pamplona, de Bucaramanga, de Giron ; dans ces villes, le goître est endémique à un haut degré. La formation de syénite et grünsten porphyrique occupe un espace considérable dans la Nouvelle-Grenade. Les villages de la Montuosa-Baxa, Cacota de Belasco, las Laxas, etc., qui sont sur des roches qui appartiennent à cette formation, offrent beaucoup de goîtres. C'est le même terrain qui constitue toute la province d'Antioquia, une grande partie de la haute vallée du Cauca, le haut Choco : dans ces endroits il n'existe pas de goîtres.

Le schiste argileux de transition n'est pas très-répandu dans la Nouvelle-Grenade ; j'ai cependant eu l'occasion d'en étudier deux bandes ; l'une qui passe par Villeta, et se dirige au nord-est, jusqu'à Muzo, où l'on exploite dans ce même schiste très-carburé les fameuses mines d'émeraudes : sur cette bande se trouvent placés un grand nombre de villages, Villeta, la Palma, Copes El Peñon, Jayme, Pacho, Muzo, etc. ; dans tous ces villages le goître se voit avec fréquence.

L'autre bande schisteuse s'observe dans la Cordilière occidentale, celle qui sépare les bassins de la Magdalena et du Cauca ; ce schiste passe quelquefois à la grauwacke schisteuse ; dans les villages de Juntas, de Timana, et dans plusieurs mines d'or et de platine,

qui ne sont que des alluvions porphyriques déposées sur le schiste, je n'ai pas vu un seul individu goîtreux.

Le grès rouge occupe une place importante au milieu des formations de la Cordilière orientale. Cette formation présente une infinité d'endroits où le goître est endémique; mais, dans la vallée de Tensa, où l'on retrouve la même formation, on ne connaît pas le goître.

Si le zechstein entre dans la constitution géognostique de la Cordilière orientale, cette roche calcaire, à cause du peu de développement qu'elle y a pris, n'est d'aucune importance pour l'objet qui nous occupe.

Le grès bigarré, au contraire, s'observe dans un grand nombre de localités; les vallées de Suarez, de Chicamocha, de Suratà, sont creusées en grande partie dans cette formation : on retrouve ce grès à Chita, à Salinas de Chita, à Cheva, à Jérico; dans tous ces lieux, les affections goîtreuses sont extrêmement communes; mais sur la Mesa de Gerias, dans le village de Guadalupe, dans les hameaux de los Santos et de Sube, lieux situés également sur le grès bigarré, le goître n'est pas endémique.

Dans la province de Socorro, le grès bigarré est quelquefois recouvert, mais le plus souvent remplacé par des dépôts étendus d'une roche de calcaire coquillier que je rapporte au muschelkalk : on reconnaît cette roche calcaire à Socorro, San Gil, las Palmas, San Benito, etc., etc.; dans tous ces endroits, le goître est fortement endémique : je ne connais même pas un seul endroit placé sur ce calcaire, ou peut-être aussi sur le zechstein, qui ne soit habité par des goîtreux.

Il résulte de la discussion géologique dans laquelle je suis entré, que jusqu'au grès bigarré inclusivement la nature des roches ne paraît exercer aucune influence sur l'apparition des goîtres ; et cette influence, si réellement elle existe, commence à se faire sentir dans les formations de calcaires secondaires ; mais il ne faut pas perdre de vue que les terrains calcaires n'occuperaient sur une carte géognostique de la Nouvelle-Grenade qu'un point très-peu étendu, et que par conséquent, dans le plus grand nombre de localités où le goître est endémique, les roches calcaires manquent entièrement.

Recherchons maintenant si la constitution physique, la topographie des lieux où le goître est endémique, présente quelque circonstance particulière.

En Europe, on a mis au rang des causes qui font naître cette maladie la résidence dans des vallées chaudes et profondes, et qui par leur situation étaient à l'abri des vents régnans ; c'est à une semblable circonstance locale que Saussure attribuait les goîtres qui se montrent à Servoz et à Chède.

Dans la province de Pamplona, la vallée étroite et profonde de Suratà offre, il est vrai, beaucoup de goîtreux : je puis en dire autant de celle de Chicamocha ; mais la vallée bien ouverte de la grande rivière de la Magdalena présente, vers sa partie supérieure, un nombre considérable de villes et de villages où l'on peut observer des goîtres.

Dans la Nouvelle-Grenade, on croit seulement reconnaître un fait général dépendant de la constitution atmosphérique du pays ; c'est que les montagnes très-élevées

paraissent avoir une influence prononcée sur l'apparition des affections goitreuses.

Mariquita, Lajas ne sont élevés que de quelques centaines de mètres au-dessus du niveau de l'Océan; mais ces villages sont au pied d'une chaîne de montagnes dans laquelle figure le glacier de Ruiz, qui a plus de 5000 mètres de hauteur. La petite ville d'Ibagué n'a que 1328 mètres d'élévation; mais elle est dominée par le pic de Tolima, qui, d'après mes mesures barométriques, paraît avoir plus de 4900 mètres de hauteur absolue.

Si nous nous élevons dans la Cordillière orientale, nous trouvons plusieurs villes et de nombreux villages situés à une grande élévation, et entourés de montagnes encore plus élevées.

La ville de Santa-Fé de Bogotà, qui a 2640 mètres de hauteur, est bordée, à l'E., par une rangée de montagnes dont quelques-unes ont plus de 3400 mètres d'élévation. Le village de la Montuosa-Basa, près Pamplona, qui se trouve à une hauteur de 2654 mètres, a pour voisins le Paramo Rico et l'Alto del Barometro, qui ont 3800 et 3950 mètres d'élévation. Le village de Vetas, élevé de 3254 mètres, est au pied du Paramo de San Urban, dont le point le plus haut atteint 3937 mètres. Je pourrais encore nommer la ville de Pamplona, Chita, Salinas de Chita, los Cerritos, Chitagá et une infinité d'autres villages qui se trouvent dans des circonstances locales absolument semblables : dans tous ces endroits le goître est endémique.

Sur une immense étendue de pays, dans les plaines de l'Apure, du Casanare, du Metà et de l'Orénoque, de

même que dans les Llanos de San Martin, on n'observe pas de goîtres. J'ai dit que cette maladie est inconnue au Choco : or le Choco, arrosé par de nombreuses rivières, ne présente aucune chaîne de montagnes de quelque élévation ; la ligne de partage des eaux de l'Atrato, de celles du San Juan, qui se rendent à la mer du Sud, n'a pas une hauteur remarquable, et cette circonstance sera sans doute un jour mise à profit pour établir la communication des deux mers.

On est donc en droit de conclure des faits que je viens d'exposer, que le goître paraît propre aux lieux placés à une grande élévation, ou à ceux qui sont dominés par des montagnes élevées ; et que cette maladie n'est pas endémique dans les endroits situés dans les plaines et à une assez grande distance des Cordilières.

Avant de rechercher comment les hautes montagnes peuvent contribuer aussi généralement à l'apparition du goître, je dois rendre raison d'une anomalie qui se présente sur le territoire même de la Nouvelle-Grenade, et qui au premier coup d'œil semble s'opposer à la condition à laquelle nous avons été amenés précédemment.

La Cordilière centrale, celle qui divise les bassins de la Magdalena et du Cauca, sort du groupe volcanique de Puracé, à peu près vers le 2e degré de latitude boréale, et s'étend vers le nord jusqu'au 8e degré : à partir de son origine, cette chaîne de montagnes offre, sur une longueur de 60 lieues seulement, les glaciers de Huila, de Barragan, de Quindiu, de Tolima, de Santa Isabela et de Ruiz. La pente orientale de cette Cordilière, celle qui verse ses eaux dans la Magdalena,

présente, ainsi que je l'ai déjà fait remarquer, un grand nombre d'endroits dans lesquels le goître se montre très-fréquemment ; sur la pente occidentale de la même Cordilière, c'est-à-dire sur celle dont les eaux sont tributaires de la rivière Cauca, les goîtres sont, au contraire, extrêmement rares ; on n'en a même jamais observé dans la province d'Antioquia, qui est un pays très-montagneux.

La ville de Cartago, dans la vallée du Cauca, par sa hauteur au-dessus du niveau de la mer, par la température et l'état hygrométrique de son atmosphère, aussi bien que par sa proximité d'un torrent, le Rio de la Vieja, qui prend sa source dans des glaciers de Barragan et du Quindiu, se trouve dans une situation en tout semblable à celle de Mariquita, dans la vallée de la Magdalena. Le village de Sonson, dans la province d'Antioquia, qui a 2538 mètres de hauteur absolue, et qui est dominé par le Paramo de Sonson, élevé de 3212 mètres, rappelle la localité de Santa-Fé de Bogotà ; cependant le goître n'est endémique ni à Cartago ni à Sonson ; il l'est à Mariquita et à Bogotà. Je ne pousserai pas plus loin ces comparaisons, qu'il me serait facile de multiplier. Si cette maladie n'est pas endémique dans la vallée du Cauca, ni dans Antioquia, cette heureuse circonstance est due à un fait géologique très-intéressant, et sur lequel j'espère un jour attirer l'attention des géologues : je me contenterai ici de le faire connaître sommairement.

J'ai dit que le terrain de syénite et de grunstein porphyrique est propre à la province d'Antioquia ; j'ajouterai que cette formation s'étend jusqu'à la vallée haute

du Cauca ; dans la province on observe çà et là des dépôts arenacés peu étendus, et qui par leurs caractères généraux se rapprochent du grès bigarré ; le plus probable cependant est que ce sont de petites formations locales. On voit fréquemment des eaux salées sortir de ces dépôts de grès : mais une étude suivie de ce terrain fait connaître que ces eaux ne lui appartiennent pas, mais qu'elles proviennent des porphyres qui supportent ces dépôts ; en effet, dans un grand nombre de salines, l'eau salée sort directement de la roche cristalline.

Dans la province d'Antioquia on ne consomme pas d'autre sel que celui qui est fourni par ces singulières salines. Les analyses que j'ai faites de plusieurs de ces eaux salées m'ont démontré que leur composition variait assez, mais que dans toutes il existait une quantité appréciable d'iode. On conçoit à présent la raison pour laquelle le goître ne se montre pas dans la province d'Antioquia ; c'est parce que chaque habitant de cette province prend tous les jours, avec le sel qu'il consomme, une certaine dose d'iode, substance qui est reconnue pour un spécifique sûr contre les affections goîtreuses : on conçoit encore comment il se fait que les personnes attaquées du goître se guérissent toujours lorsqu'elles font un séjour suffisant dans cette province. L'effet salutaire du sel d'Antioquia dans une maladie si à redouter dans la Nouvelle-Grenade, a été connu depuis long-temps ; et bien avant la découverte de l'iode, l'eau mère de la saline de Guaca, près Medellin, était prônée comme un remède efficace contre le goître.

Il semble hors de doute que le privilége dont jouissent les habitans d'Antioquia, et de la haute vallée du Cauca, de ne pas souffrir du goître, est dû à la circonstance que je viens de faire connaître, et cela est si vrai, que je tiens d'une personne qui habite ce pays, que, dans une famille dans laquelle on purifiait le sel avant d'en faire usage pour lui enlever sa saveur légèrement amère et son odeur assez désagréable, on ne tarda pas à ressentir le goître.

A Cartago, pendant très-long-temps on n'a fait usage que de sel iodifère, provenant en grande partie de la saline de Galindo; alors le goître était inconnu. Depuis l'introduction des sels de Zipaquira, les salines iodifères ont été négligées, et déjà l'on voit dans cette ville quelques individus attaqués de cette maladie; et si elle ne fait pas de progrès rapides, c'est à cause que toutes les salaisons se font encore avec les sels du pays qui contiennent de l'iode, et qui ont été reconnus préférables au sel gemme pour la conservation des viandes.

L'anomalie présentée par la province d'Antioquia étant expliquée, nous recher. herons comment les hauts peuvent influer sur la naissance du goître.

Il existe dans la Nouvelle-Grenade une opinion générale qui attribue l'origine du goître aux propriétés nuisibles de certaines eaux : cette opinion vulgaire est fondée sur des observations journalières, et qui sont à la portée de tout le monde. Par exemple, il arrive qu'un individu attaqué du goître va se fixer pour quelque temps dans un endroit où cette maladie n'est pas endémique; le climat de la nouvelle résidence est sensiblement le même, le malade ne change ni son régime,

ni ses habitudes ; l'eau est la seule chose nouvelle dont il fasse usage, et la maladie disparaît ; de là on peut raisonnablement supposer que l'effet salutaire a été produit par le changement d'eau. Il y a plus encore, des personnes fixées dans des lieux où le goître est fortement endémique, se sont guéries, ou se sont mises à l'abri de cette maladie, en ayant la précaution d'envoyer chercher l'eau pour leur usage à une rivière dont l'eau était réputée bonne, s'abstenant ainsi de boire celle de leur résidence.

Les eaux qui viennent des montagnes élevées sont presque toujours d'une grande pureté ; cependant, si, comme tout tend à le faire croire, les eaux qui descendent de ces montagnes sont susceptibles de faire naître le goître, il faut nécessairement qu'elles diffèrent en quelque chose de celles des plaines.

L'eau peut, en effet, présenter une différence notable dans ses propriétés, et peut-être aussi dans ses effets, selon que du sein de l'atmosphère où elle existait primitivement à l'état de vapeur, elle se sera déposée sur les hautes cîmes des Cordilières, ou dans les plaines qui se trouvent presque au niveau des mers.

L'eau, comme on sait, lorsqu'elle est privée d'air atmosphérique, telle que celle qui vient d'être distillée, n'est pas potable, elle est fade et indigeste ; il faut, pour lui rendre ses qualités, la laisser exposée au contact de l'atmosphère pendant un temps suffisant, pour qu'elle puisse reprendre l'air qu'elle avait laissé échapper pendant l'ébullition. En partant du fait bien établi, que la quantité d'un gaz dissous dans un liquide diminue en même temps que la pression décroît, il doit arriver que

l'eau qui se sera déposée sur le sommet des hautes montagnes contiendra réellement moins d'air atmosphérique que celle des lacs ou des rivières qui sont peu élevées au-dessus de l'Océan. En Europe, les eaux qui contiennent peu d'air pour s'être formées dans les hautes régions de l'atmosphère, proviennent nécessairement des glaciers, puisque sous les latitudes moyennes la limite inférieure des neiges existe déjà à la hauteur de 2800 mètres; mais dans l'Amérique équatoriale, où cette limite inférieure des neiges perpétuelles s'élève, selon M. de Humboldt, à 4800 mètres, on conçoit qu'il n'est pas nécessaire que l'eau descende des glaciers pour qu'elle soit peu aérée, il suffit qu'elle vienne d'une hauteur équivalente à celle des glaciers d'Europe, et à cette hauteur, entre les tropiques, la température moyenne de l'air est encore de plusieurs degrés au-dessus du point de congélation. L'eau qui coule sur le plateau de Santa-Fé de Bogotà ne doit pas conserver plus d'air atmosphérique que celle qui sort des glaciers les moins élevés des Alpes ou des Pyrénées.

L'eau de rivière ou de fontaine, réputée de bonne qualité, et lorsqu'elle est au niveau de la mer, renferme 35 centimètres cubes d'air atmosphérique par litre; ce volume d'air doit peser $0^{g},045$, c'est-à-dire, environ $\frac{1}{22000}$ du poids de l'eau : cette quantité, toute petite qu'elle est, suffit cependant pour communiquer à l'eau des propriétés sensibles au goût, et qu'on ne trouve pas dans l'eau récemment bouillie; si, d'un autre côté, on se rappelle que MM. de Humboldt et Gay-Lussac ont prouvé que l'air, quand il est dissous dans l'eau, contient une beaucoup plus forte proportion d'oxigène que

celui de l'atmosphère, il ne paraîtra pas tout-à-fait impossible que l'eau privée de la plus grande partie de l'air très-oxigéné qu'elle est capable de dissoudre, puisse porter à la longue quelque désordre dans l'économie animale. Ces considérations m'ont conduit à déterminer par expérience la quantité d'air atmosphérique contenue dans l'eau en usage dans quelques endroits où le goître est endémique.

L'appareil que j'ai employé consistait en un matras, au col duquel était adapté un tube recourbé qui se rendait sous une cloche étroite et graduée, remplie de mercure. L'eau du matras était élevée graduellement jusqu'à la température de l'ébullition, et entretenue bouillante pendant une demi-heure; le gaz obtenu était mesuré, ensuite on introduisait sous la cloche un fragment de potasse pour absorber le gaz acide carbonique; après l'absorption, le gaz restant était mesuré de nouveau. Dans toutes les expériences, on a tenu compte de la température et de la hauteur du mercure dans le baromètre. Au village de la Montuosa Basa, près Pamplona, on fait usage de l'eau d'un torrent qui descend des montagnes voisines qui ont de 3000 à 3900 mètres d'élévation; le village est élevé de 2454 mètres; les goîtres y sont extrêmement fréquens.

Un litre d'eau du torrent de la Basa a donné par l'ébullition 3 centimètres cubes de gaz acide carbonique et 16 centimètres cubes d'air atmosphérique (temp. 16°, barom. $0^m,56$); ce volume d'air se réduit à 11,2 cent. cub., si on le ramène à 0° et sous la pression de $0^m,76$; le poids de ces 11,2 cent. cub. doit être d'environ $0^g,015$, c'est-à-dire le $\frac{1}{5}$ du poids de l'air atmosphérique contenu

dans la même quantité d'eau prise à peu d'élévation au-dessus du niveau de la mer.

A Santa-Fé de Bogotà, l'eau qui alimente la ville vient d'une chaîne de montagnes située à l'est. La ville est élevée sur l'Océan de 2640 mètres. Les goîtres y sont assez fréquens.

Un litre d'eau du torrent de San Francisco a fourni par l'ébullition 17 centim. cub. d'air atmosphérique, à la température de 15° et sous la pression de 0m,56; cet air ne contenait pas d'acide carbonique; en réduisant à 0° et sous la pression de 0m,76, on trouve que le litre d'eau de San Franzisco contient 11,8 cent. cub. d'air atmosphérique.

Dans quelques quartiers de la ville on use de l'eau de source; cette eau suinte du grès rouge. D'un litre d'eau d'un puits de la rue de la Carrera on a retiré par l'ébullition 16,6 centim. cub. de gaz acide carbonique et 17,6 cent. cub. d'air atmosphérique (temp. 15° cent., barom. 0m,555). Ramené à 0° et sous la pression de 0m,76, ce volume devient 12,2 centimètres cubes.

Les eaux examinées ci-dessus avaient été soumises à l'ébullition aussitôt après avoir été puisées, et comme elles venaient de points plus élevés que celui où les expériences furent faites, elles devaient contenir moins d'air que si elles y avaient séjourné pendant quelque temps; il était donc intéressant de constater combien d'air atmosphérique pouvait absorber l'eau en repos à la hauteur de Santa-Fé de Bogotà, ou, en d'autres termes, sous la pression de 0m,560 et à la température de 15 à 16° cent. De l'eau du torrent de San Francisco, et qui avait été puisée en même temps que celle qui a fait le

sujet de l'expérience ci-dessus, a été soumise à l'ébullition après être restée exposée à l'air dans une terrine vernissée, pendant 24 heures. D'un litre de cette eau on a obtenu 2 cent. cub. de gaz acide carbonique et 20,8 cent. cub. d'air atmosphérique (tempér. 16°, barom. 0^m,550). En faisant les corrections comme à l'ordinaire, ce volume devient 14,2 centim. cub.; ainsi, après 24 heures d'exposition dans un vase ouvert, l'eau du torrent a absorbé une petite quantité de gaz acide carbonique et environ le $\frac{1}{6}$ de l'air atmosphérique que cette eau renfermait lorsqu'elle fut puisée. La même eau, après 72 heures d'exposition à l'air libre, s'est trouvée contenir la même quantité de gaz.

L'eau de pluie, en traversant sous forme de gouttelettes, doit être dans une condition favorable pour l'air. Le 2 novembre 1829, à 3 heures après midi, il tomba une averse à Santa-Fé de Bogotà; l'eau de pluie recueillie fut immédiatement soumise à l'ébullition; elle donna par litre 3 cent. cub. de gaz acide carbonique et 14,2 cent. cub. d'air atmosphérique, les gaz supposés à 6° et sous la pression de 0^m,76.

Cette quantité d'air atmosphérique paraît être celle que peut absorber un litre d'eau à la hauteur de Santa-Fé, tandis qu'au niveau de la mer un litre d'eau peut en prendre 35 cent. cub., c'est-à-dire plus du double.

Sur le pic de Tolima, me trouvant à une hauteur de 4700 mètres, j'ai recueilli de l'eau qui vient des neiges qui recouvrent ce dôme trachytique; je n'ai pu faire d'expérience que sur un quart de litre d'eau qui a donné un volume d'air vraiment indéterminable; et quoique cette expérience n'ait donné aucun résultat quantitatif,

elle suffit cependant pour indiquer que la quantité d'air contenu, à cette grande élévation, dans de l'eau de neiges fondues, est très-petite. Nous buvions de cette eau de neige, lorsque nous bivouaquions, un peu plus bas que le glacier; elle nous paraissait, ainsi qu'aux guides, assez désagréable; cependant elle était parfaitement pure, ces eaux de neige formant le torrent de Combayma qui passe près Ibagué, où le goître est fortement endémique.

Le décroissement rapide qui s'observe dans la quantité d'air atmosphérique dissous dans l'eau, à mesure qu'on s'élève dans les Cordilières, peut, ce me semble, expliquer comment il se fait qu'on ne trouve plus de poissons dans les lacs placés à une grande élévation, quoique la température des eaux de ces lacs soit pendant toute l'année de plusieurs degrés au-dessus de 0°. Dans les Pyrénées, au rapport de M. Ramond, les poissons cessent d'exister dans les eaux qui atteignent 2280 mètres de hauteur, mais c'est uniquement parce qu'à cette hauteur les étangs sont gelés une grande partie de l'année. Dans les Cordilières, on ne trouve plus de poissons dans les eaux qui sont élevées de 3600 mètres au-dessus du niveau de la mer, quoiqu'à cette hauteur la température moyenne de l'atmosphère soit encore d'environ 8° cent. Il n'y a pas de poissons dans la lagune de Tecuquita, près Chita; cette lagune a, d'après mes mesures, 3600 mètres d'élévation, et la température de ses eaux était, au moment où je l'ai prise, de 7° cent. A cette hauteur, la végétation est encore active; on voit des insectes; de sorte qu'il est assez naturel d'attribuer la disparition des poissons à ce que l'eau ne contient déjà plus assez d'air pour qu'ils puissent y vivre.

D'après ce que j'ai exposé précédemment, nous pouvons admettre avec quelque probabilité que l'eau qui n'est pas suffisamment aérée, comme celle qui vient des hautes montagnes, peut produire le goître chez les individus qui en font un usage journalier, et nous considérerons cette circonstance comme la cause qui probablement produit le goître à Mariquita, à Lajas, à Coloya et dans les environs d'Ibagué, endroits où se boit de l'eau qui descend des glaciers de la Cordillère centrale. C'est à la même cause que nous attribuons cette maladie à Santa-Fé de Bogota, Tunja, Chita, la Baja, Chinaga, Vetas, etc., etc., etc., lieux qui sont déjà placés à une élévation considérable et qui sont encore entourés de montagnes de 3000 à 4000 mètres de hauteur. Je rapporterai un fait qui tend à confirmer l'opinion qui consiste à voir dans le manque d'air dans l'eau la cause de l'endémicité du goître; à Mariquita, où cette maladie est très-commune, j'ai vu une famille dans laquelle le goître ne se montrait pas; j'appris ensuite que dans cette famille on était dans l'habitude de conserver l'eau du Guali dans un endroit frais pendant 30 ou 40 heures avant de la boire; on conçoit que pendant ce temps l'eau du torrent pouvait absorber l'air qui lui manquait au moment où elle fut puisée. J'ai également entendu assurer à des personnes qui habitent la province de Mariquita, qu'il suffisait de laisser déposer pendant un jour ou deux l'eau des torrens pour qu'elle ne fasse plus naître le goître, parce que par ce repos l'eau laissait déposer les particules terreuses qu'elle tient ordinairement en suspension, et qui, selon les mêmes personnes, étaient la cause du goître; il me paraît plus vraisemblable que la

précaution indiquée a pour objet de laisser à l'eau le temps de s'aérer complètement.

Sur plusieurs points de la Nouvelle-Grenade on voit une rivière dont les eaux, au sortir des glaciers ou des hautes montagnes, sont susceptibles de faire naître le goître, perdre, à mesure qu'elles s'éloignent de leur source, leur fatale propriété, et cela peut être, en acquérant l'air qui leur manquait. La rivière de Chicamocha, par exemple, au pont d'Ogamora, à la Cabulla de Soata, a ses rives habitées par des goîtreux ; vingt lieues plus bas, à la Cabulla de Sube, où il y a un hameau assez considérable, on ne voit pas de goître.

Dans les provinces de Pamplona et de Socorro, les goîtres sont très-communs à Surata, à Cacota, Matanza, los Cerritos, Concepcion, Anciso ; les eaux en usage dans ces endroits descendent avec impétuosité de montagnes très-élevées. Dans les mêmes provinces, le goître n'est pas endémique dans le village de Guadalupe, ni sur la Mesa de Gerias, au hameau de los Santos ; dans ces lieux, qui d'ailleurs sont peu élevés au-dessus du niveau de la mer, un ruisseau serpente doucement au milieu d'un terrain uni. Tout en admettant que dans le plus grand nombre d'endroits habités de la Nouvelle-Grenade, l'endémicité du goître peut s'attribuer au peu d'air renfermé dans les eaux qui descendent des montagnes élevées, il reste encore à expliquer pourquoi cette maladie est également endémique dans quelques lieux peu élevés au-dessus de l'Océan, et dans lesquels on ne boit pas d'eau venant de hautes montagnes, mais bien de l'eau de source, surtout d'un terrain calcaire, comme c'est le

cas dans la ville de Socorro, où les goîtres sont très-communs.

Socorro est bâtie sur un terrain aride, à une assez grande distance de la rivière de Suarez; cette ville est mal fournie d'eau, celle dont on fait généralement usage se retire de puits peu profonds, percés dans le calcaire ou dans le grès calcarifère; la température moyenne de Socorro doit s'approcher de 24° cent.; son élévation absolue d'environ 700 mètres.

Un litre d'eau d'une source de Socorro a donné par l'ébullition 16 cent. cub. de gaz acide carbonique et 12 cent. cub. d'air atmosphérique, les gaz supposés à 0° et sous la pression de 0m,76. Dans cette eau il existait en outre une petite quantité de carbonate de chaux et une trace d'un sel calcaire soluble. L'eau de Socorro est donc bien loin de conserver l'air qu'elle est susceptible de dissoudre sous la pression éprouvée dans cette ville; ainsi rien ne s'oppose à ce qu'on attribue le goître à Socorro à l'usage d'eau peu chargée d'air. Un ecclésiastique de mes amis, né dans cette ville, m'a assuré que dans sa famille, qui était très-nombreuse, on n'avait jamais connu le goître, tant qu'on avait fait usage d'eau de pluie; et pour la recueillir, le chef de la famille, qui était un médecin arragonais, avait fait construire une citerne. Il est clair qu'à la hauteur de 700 mètres, qui est celle de Socorro, l'eau de pluie doit être très-chargée d'air, et il faut avouer qu'on ne saurait indiquer un meilleur moyen aux habitans de Socorro pour se garantir du goître.

Le goître se fait encore sentir dans des endroits où on ne boit ni de l'eau de montagnes élevées, ni de l'eau de

source de terrain calcaire ; par exemple, sur l'esplanade près de Santa-Fé de Bogota, comme au village de Piedras, dans la vallée de la Magdalena, où l'on boit de l'eau qui vient de mares dans lesquelles elle est presque stagnante, on rencontre souvent des goîtreux. On observe encore cette maladie dans les plaines où l'eau séjourne sur un terrain tourbeux.

J'ai examiné quelques-unes de ces eaux, et j'ai trouvé qu'elles sont loin de contenir la quantité d'air atmosphérique nécessaire pour constituer une eau de bonne qualité.

D'un litre d'eau d'un marécage près Fontibon, j'ai retiré 12 cent. cub. de gaz acide carbonique et 12 cent. cub. d'air atmosphérique, les gaz à 0° et sous la pression de $0^m,76$.

Les eaux qui sont pendant long-temps en contact avec des feuilles mortes, du bois pourri; celles qui coulent lentement ou qui filtrent à travers une terre végétale riche en humus, sont également très-peu aérées et elles produisent le goître ; c'est le cas à Santa Ana, à Peladero, etc., etc. C'est d'ailleurs un fait bien connu, que les substances végétales s'emparent de l'oxigène de l'air dissous dans l'eau; il suffit même, suivant M. Dalton, de laisser séjourner l'eau dans un vase de bois, pour que très-promptement elle perde la totalité de l'oxigène de l'air qu'elle tient ordinairement en dissolution.

Ainsi, dans la Nouvelle-Grenade, nous voyons le goître être endémique dans les endroits où l'on fait usage soit de l'eau qui descend des hautes montagnes, soit de l'eau de source qui sort d'un terrain de calcaire secondaire, soit enfin d'eau de mare, ou de celle qui est

en contact avec des débris de végétaux ; dans ces trois cas, nous n'avons trouvé qu'une petite quantité d'air atmosphérique en dissolution. Toutefois il y a quelques exceptions ; on pourrait citer des villages et même des villes importantes, dans lesquelles on fait usage d'eaux qui, par leur origine, doivent être peu chargées d'air atmosphérique, sans que pour cela le goître y soit endémique ; mais on trouve que, dans ce cas d'exception, la masse de la population est de race indienne ; il paraît que cette race n'est pas susceptible d'être affectée par le goître, du moins n'ai-je pas encore rencontré un Indien de race pure qui fût atteint de cette maladie. Dans le village de Coloya, à Piedras, sur les bords du Combayma, on n'observé pas de goître chez les Indiens, tandis que les blancs, les nègres, les mulâtres et même les métis sont presque tous goîtreux.

S'il fallait encore une preuve pour démontrer que le goître n'attaque pas les Indiens, je citerais le témoignage d'un voyageur célèbre qui, bien long-temps avant moi, avait fait la même remarque : « Les indigènes à teint « cuivré, dit M. de Humboldt, jouissent d'un avantage « physique qui tient sans doute à la grande simplicité « avec laquelle leurs ancêtres ont vécu pendant des mil-« liers d'années. Je n'ai jamais vu un Indien bossu ; il « est extrêmement rare d'en voir de louches, de boiteux « ou de manchots. Dans les pays dont les habitans souf-« frent du goître, cette affection de la glande thyroïde « ne s'observe jamais chez les Indiens, rarement chez « les métis. »

Il nous reste à examiner, en raisonnant dans l'hypothèse qui attribue l'endémicité du goître à l'usage d'eaux

peu aérées, quels seraient les moyens hygiéniques à mettre en pratique pour se préserver de cette maladie.

Dans les lieux qui sont peu élevés au-dessus de la mer, et dans lesquels le goître paraît être endémique, parce qu'ils sont situés sur le bord d'un torrent qui descend de hautes montagnes, il suffirait, pour faire absorber à l'eau l'air qui peut lui manquer, de la laisser reposer pendant un jour. J'ai fait voir que dans la province de Mariquita cette précaution produisait de bons résultats.

Dans les endroits peu élevés, et où le goître peut s'attribuer à l'usage d'eau de source sortant d'un terrain calcaire, on devrait engager les habitans à construire des citernes afin de recueillir et de substituer l'eau de pluie à l'eau de source; dans les temps de sécheresse, on retirerait sans doute encore un très-grand avantage des citernes, en y faisant séjourner l'eau de source pendant 30 ou 40 heures avant de la boire; pendant ce séjour, l'eau de source abandonnerait peu à peu son acide carbonique qui serait remplacé en grande partie par de l'air atmosphérique. On devrait aussi recommander l'eau de pluie aux habitans des lieux où le goître paraît provenir de l'usage d'eaux dormantes et en contact avec des matières végétales.

Ces moyens simples de se procurer de l'eau chargée d'air atmosphérique ne donneraient plus de résultats marqués dans les endroits situés à une grande élévation au-dessus de la mer, parce que le peu de pression de l'atmosphère éprouvée dans ces endroits ne permet plus à l'eau d'absorber une dose suffisante d'air atmosphérique. Par exemple, à Santa-Fé de Bogotà, quelque

chose que l'on fasse, l'eau n'absorbera jamais plus de 14 ou 15 centimètres cubes d'air par litre d'eau. A Chita, l'eau absorbera encore moins d'air qu'à Bogotà. Ainsi, dans les cas extrêmement nombreux, dans les Cordilières, où les endroits habités sont placés à une grande élévation, la seule chose qu'on puisse proposer pour combattre le goître est le spécifique connu de cette maladie, l'iode. Ce moyen, sur l'efficacité duquel il n'est plus permis d'élever un doute, est facile à mettre en pratique dans la Nouvelle-Grenade, où la nature a placé le remède à côté du mal, en faisant sortir des roches de la vallée du Cauca et d'Antioquia d'innombrables sources d'eau salée, dans laquelle l'iode se trouve en quantité appréciable.

Les salines de Guasa, de Matasano, del Retiro, de Rio grande, etc., etc., etc., près Medellin; celles del Penol, del Ciruelo, de Mapura, de Mogan, de Muela et de Ippâ près la Vega de Supia; enfin celles de Galindo, de la Payla, del Morciegalo, etc., etc., etc., et surtout celle d'Asnenga, dans la haute vallée du Cauca, peuvent fournir des sels chargés d'iode.

Ces sels, dans lesquels l'iode existe à un état qui n'est pas encore bien défini, sont peut-être préférables au médicament pur qui, lorsqu'il est administré par des mains peu expérimentées, peut occasioner de graves accidens. Une expérience de près de deux siècles, faite sur la population d'une province entière, a prouvé dans Antioquia que les sels iodifères n'ont aucune action nuisible sur l'économie animale.

Je considère comme certain que le goître disparaîtrait des Cordilières, si l'autorité prenait des mesures conve-

nables pour qu'il soit établi dans chaque chef-lieu de canton où le goître est endémique, un dépôt de sel contenant de l'iode, et dans lequel chaque habitant pourrait aller acheter le sel nécessaire à sa consommation. L'industrie d'Antioquia et de Cauca recevrait un nouveau degré d'activité par la préparation et l'exportation des sels iodifères. Il est vrai que le revenu des salines administrées par l'Etat pourrait en souffrir; mais j'écris ici dans l'intérêt de la santé des citoyens, et non pas dans l'intérêt du fisc.

Quand on considère le nombre vraiment effrayant de goîtreux et de crétins qui s'observent dans la seule Cordilière orientale, on est étonné que le gouvernement n'ait pas depuis long-temps dirigé l'attention des observateurs sur la question de l'endémiéité du goître. Dans la Nouvelle-Grenade, cette question, considérée sous le rapport politique, est de la plus haute importance; car le goître ne défigure pas seulement l'homme, il exerce encore sur ses facultés intellectuelles les effets les plus funestes.

Mémoire *sur les Matières colorantes de la Garance;*

Par MM. H. Gaultier de Claubry et J. Persoz.

Ire Partie.

(Déposé à l'Académie des Sciences le 23 octobre 1826, et lu le 18 décembre 1827.)

Les recherches qui ont été faites dans le but d'extraire

la matière colorante que renferme la garance ont occupé un assez grand nombre de chimistes, et procuré cependant peu de lumières sur la véritable nature de cette substance. Pour ne citer que les travaux les plus récens qui ont été publiés à ce sujet, nous ne nous occuperons que de ceux que M. Kuhlmann, d'une part, et MM. Robiquet et Colin, de l'autre, ont entrepris sur cette matière. Leur but a été plus particulièrement d'obtenir à l'état de pureté la matière ou les matières colorantes que contient la garance.

D'après M. Kuhlmann, la garance contient deux matières colorantes : l'une fauve, qu'il a négligé d'examiner, et l'autre rouge, qui paraît avoir fixé plus particulièrement son attention. On peut obtenir cette dernière substance, en faisant bouillir avec l'eau la garance épuisée par la macération à froid dans ce liquide et précipitant la liqueur par l'acide sulfurique, puis reprenant le résidu par l'alcool et soumettant cette liqueur à l'évaporation.

MM. Robiquet et Colin, au contraire, pensent que cette matière ne peut être considérée comme un principe pur, et, par suite de recherches assidues et remarquables par les résultats auxquels ils sont parvenus, ils ont admis que le principe colorant de la garance était la substance particulière qu'ils ont désignée sous le nom d'*alizarine*. On obtient cette matière en délayant la garance dans 3 à 4 parties d'eau, et l'on abandonne le mélange pendant 8 à 10 minutes à la température de 15 à 20°. La liqueur qui est acide se prend en gelée par le refroidissement ; cette gelée, égouttée et lavée avec peu d'eau, est ensuite délayée à plusieurs reprises dans

une grande quantité d'alcool concentré. La liqueur distillée aux $\frac{4}{5}$ pour en séparer l'alcool, on verse sur le résidu de l'acide sulfurique qui en précipite des flocons fauves ; on lave ceux-ci à plusieurs fois par décantation, et après les avoir séchés, on les soumet à l'action de la chaleur. L'alizarine se sublime et vient se déposer en cristaux aiguillés sur les parois du vase.

Il nous a semblé que les chimistes dont nous venons de parler n'ont point opéré sur la véritable matière colorante de la garance, parce qu'en répétant leurs expériences et cherchant à appliquer ces couleurs sur des tissus, nous n'avions, avec la matière colorante de M. Kuhlmann, qu'une couleur pâle, mais assez solide, et en nous servant de celle qu'ont obtenue MM. Robiquet et Colin, une couleur rose beaucoup moins solide que celle que l'on obtient dans la teinture avec la garance.

Nous avons vainement cherché, au moyen de mordans, à rendre stable et d'une teinte plus intense cette dernière substance, et nous avons été conduits, par ces recherches, à un traitement de la garance absolument différent de tous ceux qui avaient été suivis jusqu'ici, prévoyant bien, comme M. Mérimée l'avait présumé, que cette plante contenait deux principes colorans, mais que l'on n'avait pas encore séparés.

Après nous être assurés, par des expériences directes, que les acides n'enlevaient aucune quantité sensible de matière colorante à la garance, expériences qui viennent à l'appui de ce qu'on observe souvent dans les arts sur l'insolubilité de la matière colorante dans une eau où la fermentation a eu lieu, nous avons été conduits à faire

usage de l'acide sulfurique pour transformer en sucre la grande quantité de matière gommeuse que contient la garance et qui rend si difficile les lavages qu'on est obligé de lui faire subir.

En traitant la garance par le carbonate de soude, M. Mérimée avait cru l'épuiser d'une matière fauve tout à-fait inutile pour la préparation des laques auxquelles elle ôte leur éclat. C'est dans ces lavages que nous avons recherché et rencontré une substance colorante particulière qui, dans son état de pureté, n'avait, à notre connaissance, été examinée par aucun chimiste.

Voici le procédé que nous avons suivi pour obtenir les deux matières colorantes dont nous croyons avoir démontré l'existence dans la garance.

Cette matière en poudre est délayée dans une assez grande quantité d'eau pour former une bouillie très-claire; on ajoute à la liqueur 90 grammes d'acide sulfurique pour chaque kilogramme de garance. Au moyen de vapeur que l'on fait passer dans la liqueur, ou en faisant bouillir celle-ci directement, on opère bientôt la transformation de la gomme en sucre, et le lavage de la garance s'opère alors avec une très-grande facilité.

Les liqueurs sont d'un jaune légèrement verdâtre; neutralisées par les alcalis, elles deviennent d'un vert plus marqué sans donner de précipité.

La garance ainsi traitée et mise en contact, à chaud, avec une dissolution de carbonate de soude, est facilement épuisée après deux opérations; on la soumet alors à des lavages successifs jusqu'à ce que les liqueurs passent tout-à-fait incolores.

Les liqueurs colorées étant réunies, on les neutralise

par le moyen d'un acide ; il s'y produit un précipité rouge marron qui, après avoir été bien lavé, est dissous par l'alcool. On distille les liqueurs, et la matière obtenue par l'évaporation jouit des propriétés que nous lui assignerons dans un instant. Nous donnerons à cette substance le nom de *matière colorante rouge*.

La garance épuisée par le carbonate de soude et lavée comme nous l'avons dit précédemment, est mise en contact, à chaud, avec une dissolution d'alun. La liqueur prend une superbe couleur rouge cerise ; on la filtre et on y verse un petit excès d'acide sulfurique concentré ou d'acide hydrochlorique, mais non d'acide nitrique, qui y déterminent un précipité d'un beau rouge légèrement orangé qu'on jette sur un filtre et qu'on lave avec soin ; on le dissout dans l'alcool et on fait évaporer. Cette substance présente des caractères différens de ceux que nous avons trouvés à la matière précédente ; nous la désignerons sous le nom de *matière colorante rose*. Nous allons nous occuper successivement des propriétés qu'elles présentent l'une et l'autre.

Matière colorante rouge.

Cette substance est sous forme d'une masse brun-rouge à cassure brillante ; l'eau froide en dissout à peine une quantité sensible ; l'eau chaude en dissout une proportion plus considérable qu'elle ne laisse pas déposer par le refroidissement.

Les acides faibles ne l'altèrent pas ; l'acide sulfurique concentré la dissout à froid, et surtout à l'aide d'une légère chaleur, sans dégagement d'acide sulfureux.

L'acide nitrique ne l'attaque qu'à chaud, il se forme

des flocons blancs qui paraissent être de l'acide mucique.

La potasse, la soude et l'ammoniaque la dissolvent très-bien à froid; avec les deux premières substances, la dissolution, qui est d'un beau rouge, ne change pas au contact de l'air, tandis que la dissolution dans l'ammoniaque se trouble à mesure que cette base se dégage.

Les carbonates alcalins la dissolvent également et donnent des liqueurs d'un beau rouge orangé.

Les acides précipitent la matière colorante de ces diverses dissolutions sans que la matière colorante soit altérée.

L'alcool dissout la matière colorante rouge même à la température ordinaire; elle en prend surtout une plus grande quantité par une macération prolongée à 40° c. environ; la liqueur est d'un rouge foncé comme la dissolution alcoolique de safran. Lorsqu'on l'évapore à une douce chaleur, elle laisse déposer une substance brune qui présente des reflets cuivrés et verts.

L'éther la dissout plus facilement que l'alcool, à froid et à chaud; par l'évaporation spontanée, on obtient la matière colorante sous forme d'aiguilles cristallines.

L'eau d'alun ne dissout pas sensiblement de matière colorante rouge, et cela doit être, puisque cette substance forme avec les sels alumineux des composés insolubles.

La matière colorante rouge chauffée dans un tube à la flamme d'une lampe à l'alcool, se décompose en donnant des traces d'alizarine; les divers produits des matières végétales, particulièrement du goudron et un charbon volumineux.

Appliquée sur les tissus par voie de teinture, elle leur donne, quand ils ont été convenablement mordancés

avec un sel d'alumine, une couleur d'un rouge de brique sans éclat, mais très-solide.

Le chlore ne l'altère qu'avec difficulté et seulement par une action prolongée.

Le protochlorure d'étain la dissout facilement à chaud, et produit un composé très-solide.

Elle se dissout également dans l'hydrosulfate d'ammoniaque; la liqueur est d'un beau rouge brun.

Le protoxide d'étain mêlé avec un peu de potasse en prend une grande quantité; la liqueur a la couleur de la teinture de safran. Appliquée sur un tissu, elle s'y combine et donne une couleur d'un rouge sale qui devient plus clair par l'action des alcalis caustiques.

La matière colorante rouge est dissoute par l'arseniate et l'arsenite de potasse; elle se dissout également dans le silicate et l'aluminate de potasse; mais c'est peut-être à l'excès d'alcali de ces deux derniers sels qu'il faut attribuer la dissolution.

Matière colorante rose.

Cette substance obtenue en précipitant par l'acide sulfurique la liqueur alunée obtenue en traitant la garance déjà épuisée par le carbonate de soude et desséchée se présente sous forme de masse solide, à cassure résineuse, comme celle de la gomme gutte; pulvérisée, elle donne une superbe couleur rose qui offrirait peut-être à la peinture une ressource avantageuse.

L'acide sulfurique faible ne l'attaque pas.

L'acide nitrique concentré la décompose à froid; on obtient une liqueur jaune qui dépose de petits cristaux

d'acide oxalique. L'acide faible n'agit pas sur cette matière colorante.

Les alcalis caustiques la dissolvent à froid ; la liqueur est d'une belle couleur violette dont l'intensité augmente en élevant la température ; en saturant la liqueur par l'acide sulfurique, la couleur violette disparaît et se trouve remplacée par une couleur rouge jaunâtre.

En abandonnant à elle-même la dissolution de matière colorante dans la potasse, elle se décolore au bout de quelque temps, et la matière rose s'en précipite ; la matière rouge ne se conduit pas de la même manière.

Les carbonates dissolvent à chaud la matière rose, la liqueur est d'un rouge d'orseille ; par le refroidissement, la substance colorante se dépose.

L'alun et les sels alumineux solubles la dissolvent avec beaucoup de facilité ; la liqueur est d'une belle couleur rouge cerise. Cette propriété prouve la différence de cette substance avec la matière rouge qui est insoluble dans les mêmes agens.

L'eau ne dissout que de très-faibles quantités de la matière rose.

L'alcool la dissout à froid, et en plus grande quantité à chaud ; la couleur est d'un rouge-cerise brillant ; en y ajoutant de la potasse, la liqueur devient rouge-violacé, et après quelque temps la matière colorante se précipite.

La garance épuisée de la matière gommeuse et de la matière colorante rouge par le carbonate de soude ou le protochlorure d'étain donne une liqueur absolument semblable.

L'éther dissout la matière colorante rose ; la couleur de la dissolution est d'un rouge plus intense que celui

de la dissolution alcoolique. Ces deux liqueurs donnent, par l'évaporation spontanée, des cristaux aiguillés de 4 à 5 lignes de longueur.

Le chlore détruit la matière rose plus facilement que la rouge.

Exposée à l'action de la chaleur, elle se décompose comme la matière rouge en donnant un peu d'alizarine.

Le protochlorure d'étain n'a point d'action sur cette matière.

L'hydrosulfate d'ammoniaque la dissout à froid; la liqueur est d'un rouge foncé qui augmente d'intensité par un contact prolongé avec un excès de matière colorante. Cette liqueur laisse sur le tissu une belle couleur rose.

Le protoxide d'étain auquel on ajoute quelques gouttes de potasse dissout à froid la matière rose en toutes proportions; la liqueur est d'un rouge extrêmement brillant et communique aux tissus un beau rose pur.

L'acide sulfurique concentré dissout à froid la matière colorante et prend une belle teinte rouge-cerise; en ajoutant de l'eau à la liqueur, la matière colorante se précipite sans avoir éprouvé d'altération.

L'arseniate et l'arsenite de potasse dissolvent la matière colorante, ainsi que l'aluminate et le silicate de potasse; l'excès d'alcali de ces deux derniers sels peut être la cause de la dissolution.

D'après les propriétés que nous avons reconnues aux deux substances colorantes que nous avons trouvées dans la garance, nous avons été conduits à un procédé qui nous avait occupé long-temps, et qui nous paraît très-simple; il consiste à détruire la matière gommeuse,

comme nous l'avons indiqué précédemment, et à traiter la garance ainsi épuisée par l'oxide d'étain mêlé d'un peu de potasse. On obtient une liqueur d'un rouge très-foncé, dans laquelle un tissu aluné prend en quelques instans une couleur rouge-brun très-intense.

L'emploi de l'oxide d'étain mêlé avec de la potasse permet d'épuiser complètement la garance des deux matières colorantes qu'elle contient. En ajoutant quelques gouttes d'acide, ces deux substances se précipitent sous forme de flocons rouges qu'on lave avec soin; en traitant ensuite ce précipité par l'eau d'alun, on dissout la matière colorante rose, et on obtient pour résidu la matière rouge qu'il suffit de laver pour la séparer de la première.

Pour obtenir ensuite les deux matières colorantes à l'état de pureté parfaite, il faudrait précipiter la matière rose de la dissolution alumineuse par le moyen de l'acide sulfurique, et les dissoudre l'une et l'autre dans l'alcool ou mieux dans l'éther dès qu'elles se sépareraient en aiguilles cristallines par l'évaporation spontanée.

On peut également avec la garance brute, et sans avoir décomposé la matière gommeuse, obtenir les matières colorantes en la traitant par le chlorure d'étain; 30 grammes de ce sel par kilogramme de garance suffisent parfaitement.

Les détails que nous venons de donner nous semblent prouver qu'il existe dans la garance deux substances colorantes différentes dont la combinaison en diverses proportions donne l'éclat et la solidité aux teintures faites avec cette matière. Ce qui a peut-être empêché d'apercevoir jusqu'ici la *matière colorante rouge*, c'est

que l'on s'est toujours occupé à rechercher le principe colorant des belles laques dont M. Mérimée a décrit la préparation, et que M. Kuhlmann, qui a aperçu la *matière rouge*, ne l'a point séparée de la *matière rose* avec laquelle elle se trouvait, et que les sels alumineux peuvent enlever, comme nous l'avons démontré précédemment.

MÉMOIRE *sur le Soufre hydrogéné ou l'Hydrure de soufre,*

PAR M. THENARD.

(Lu à l'Académie royale des Sciences, le 5 décembre dernier.)

LORSQUE j'eus découvert le bi-oxide d'hydrogène, corps éminemment remarquable en ce qu'il se laisse décomposer par beaucoup d'autres corps, sans que ceux-ci s'emparent d'aucun de ses principes, il me fut facile de prévoir qu'il devait être le type d'une classe de composés qui n'avaient point encore d'analogues et qui établiraient bientôt dans la chimie une branche toute nouvelle.

Aujourd'hui je vais chercher à prouver que ces vues commencent à être réalisées par l'expérience. L'exemple qui me servira de démonstration se rencontre dans le soufre hydrogéné ou l'hydrure de soufre à un point qui ne laisse rien à désirer et qui doit porter la conviction dans les esprits les plus difficiles.

L'hydrure de soufre, obtenu pour la première fois par Schèele et examiné depuis par Berthollet, est un liquide sur lequel peu d'observations ont été faites. On sait seu-

lement qu'il est jaunâtre, plus dense que l'eau, insoluble en elle; que sa consistance est huileuse; son odeur, désagréable; qu'il se décompose spontanément à la température ordinaire, et à plus forte raison à une température élevée; que les sulfures alcalins en opèrent aussi la décomposition (1); que les acides lui donnent au contraire de la stabilité (2); enfin, qu'on l'obtient en versant le sulfure hydrogéné de potasse dans un excès d'acide hydrochlorique étendu d'eau, et non pas l'acide dans le sulfure.

Maintenant, faisant abstraction de tout ce qui a été dit sur ce corps, je vais en décrire les principales propriétés.

L'hydrure de soufre est toujours liquide à la température ordinaire. Sa couleur est le jaune tirant quelquefois sur le brun verdâtre. Appliqué sur la langue, il la blanchit, à la manière du bi-oxide d'hydrogène, et y cause un sentiment de cuisson difficile à supporter. Quelques gouttes d'hydrure étendues sur le bras finissent aussi par décolorer et même altérer la peau. Il détruit facilement la couleur du tournesol: cet effet a lieu instantanément surtout lorsqu'après avoir versé du sulfure hydrogéné de potasse dans l'acide hydrochlorique, on plonge le papier bleu dans la liqueur où l'hydrure se trouve suspendu. Sa consistance va[illegible]: tantôt il coule comme une huile essentielle, et tantôt comme une huile grasse: ce

(1) Berthollet, *Ann. de Chimie*, t. 25.

(2) Thenard, 4e é[illegible]n de son *Traité de Chimie*, 1824. Plusieurs années avant 1824, je connaissais cette propriété, et je la présentais à mon cours du Collége de France comme rapprochant l'hydrure de soufre du bioxide d'hydrogène.

qui, selon toute apparence, dépend de la quantité de soufre et d'hydrogène sulfuré qu'il contient et qui est variable.

Sa densité doit varier de même; je l'ai trouvée de 1,769 dans un hydrure dont la fluidité n'était pas grande. Son odeur est particulière et désagréable; elle se manifeste d'une manière vive, mais seulement au moment où l'hydrure vient d'être produit et où l'on décante la liqueur qui le recouvre; alors il affecte péniblement les yeux, et probablement qu'il est très-chargé d'hydrogène sulfuré.

Un froid de 20° ne le solidifie pas. La chaleur de l'eau bouillante le décompose promptement; la décomposition commence même à s'effectuer vers la température de 60 à 70°. Dans tous les cas, le liquide se transforme en gaz hydrogène sulfuré qui se dégage et en un résidu de soufre.

Abandonné à lui-même, le soufre hydrogéné, s'il est pur, s'altère peu à peu; il laisse dégager quelques bulles de temps à autre, et finit par ne plus être que du soufre, mou d'abord, qui prend ensuite l'état solide.

L'air est sans action sur lui dans les circonstances ordinaires; mais, à l'approche d'une bougie allumée, il l'enflamme. L'hydrogène forme de l'eau; le soufre, de l'acide sulfureux.

Le charbon très-divisé produit avec le soufre hydrogéné un dégagement de gaz hydrogène sulfuré.

Le platine, l'or, l'iridium et plusieurs autres métaux en poudre y occasionent un semblable dégagement de gaz. S'unissent-ils au soufre? cela n'est pas probable.

Beaucoup d'oxides possèdent également cette propriété. Quelques-uns la possèdent au point qu'une vive effer-

vescence a lieu tout-à-coup. Tel est le peroxide de manganèse ; tels sont encore la magnésie et la silice ; tels sont surtout des fragmens pulvérisés de baryte, de strontiane, de chaux, de potasse et de soude.

Mais ce qui paraîtra plus extraordinaire, c'est que la potasse et la soude en dissolution font naître les mêmes phénomènes. Le dégagement de gaz est même si grand que la liqueur agitée entre comme en ébullition.

Des résultats analogues se manifestent avec l'ammoniaque.

J'ai dû essayer l'action des oxides faciles à désoxigéner. Elle est instantanée ; il y a réduction de l'oxide, production d'eau, incandescence. Voilà ce que nous offre du moins l'oxide d'argent, l'oxide d'or, etc.

Les sulfures présentent, comme les corps précédens, des phénomènes dignes d'attention. Tous tendent à décomposer le soufre hydrogéné et à en dégager l'hydrogène sulfuré. L'effervescence est très-sensible avec le sulfure de plomb pulvérisé, très-vive avec le kermès et le soufre doré, et plus vive encore avec les sulfures alcalins en poudre. Chose remarquable, elle est forte, même avec les persulfures alcalins dissous ; alors en même temps qu'il y a dégagement de gaz, il y a précipitation de soufre.

Le sucre, l'amidon, la fibrine, la chair musculaire agissent aussi sur le soufre hydrogéné. L'action est lente, toutefois elle est plus marquée avec les matières animales qu'avec les matières végétales, et l'on recueille bientôt avec les premières assez d'hydrogène sulfuré pour en faire l'essai par les alcalis.

Agitée avec l'hydrure de soufre, l'eau ne le dissout pas sensiblement. Sans doute qu'elle le décompose en

partie, car elle se charge d'un peu d'hydrogène sulfuré et devient laiteuse.

C'est aussi de cette manière qu'agit probablement l'alcool.

Quant à l'éther sulfurique, il opère d'abord la dissolution de la liqueur, et bientôt laisse déposer une foule de cristaux en aiguilles blanches qui, par leur prompte dessication à l'air, prennent une couleur jaune et semblent être du soufre pur. Que se passe-t-il? c'est ce que j'examinerai et dirai plus tard.

Enfin les acides, loin de décomposer l'hydrure de soufre, lui donnent de la stabilité et exercent sur lui une action entièrement opposée à celle du charbon, des métaux, des oxides, des sulfures. L'hydrure est-il pur? il s'altère à la manière du bi-oxide d'hydrogène. Est-il en contact avec quelques gouttes d'eau acidulée? il se conserve très-long-temps. Aussi le peroxide de manganèse, qui en opère aisément la décomposition, cesse-t-il de le décomposer sous l'influence des acides.

Quoique bien connue, la préparation de l'hydrure de soufre a dû être pour moi un nouveau sujet d'études et d'observations. On sait depuis long-temps, à la vérité, que, pour préparer l'hydrure de soufre, il faut verser le sulfure hydrogéné de potasse dans un excès d'acide hydrochlorique étendu d'eau, et non l'acide dans le sulfure hydrogéné. Mais on était loin d'en connaître la cause : on croyait que le sulfure s'appropriait l'hydrogène sulfuré de l'hydrure. Il n'en est rien : c'est le sulfure qui décompose tout-à-coup l'hydrure en donnant lieu à un dégagement de gaz et à un dépôt de soufre.

Tous les sulfures hydrogénés et presque tous les acides sont propres à cette préparation. J'emploie de

préférence l'acide hydrochlorique du commerce étendu de deux fois son poids d'eau et le sulfure hydrogéné de chaux obtenu en faisant bouillir pendant plus que moins de temps de l'eau sur la chaux et un excès de soufre. L'acide est versé dans un grand entonnoir dont le bec doit être fermé avec un bouchon; le sulfure est ensuite ajouté peu à peu, en ayant soin d'agiter continuellement la liqueur; et bientôt l'on voit l'hydrure qui commence à se déposer. Celui qui se sépare d'abord est plus liquide que l'hydrure qui se dépose en dernier lieu. Rien de plus facile que de le mettre à part et de fractionner les produits.

Dans cette préparation, du soufre se dépose sans qu'il se dégage sensiblement d'hydrogène sulfuré. Je m'en suis assuré en opérant dans une cornue tubulée dont le col communiquait par un tube recourbé avec une éprouvette pleine de mercure. Or, puisque dans le sulfure hydrogéné il y a un atome d'hydrogène sulfuré et quatre atomes de soufre unis à l'alcali, il semble que l'hydrure de soufre devrait contenir au moins cette proportion d'hydrogène sulfuré. Cependant cela n'est pas; du moins dans toutes les analyses que j'ai faites jusqu'ici, j'ai trouvé plus de 4 atomes de soufre pour 1 atome d'hydrogène sulfuré; je me propose d'en rechercher la cause, que je soupçonne être due à ce que l'hydrogène sulfuré serait en partie décomposé par l'acide hyposulfureux au moment de la séparation de l'hydrure. Peut-être parviendrai-je à obtenir un bisulfure d'hydrogène : il serait possible que ce bisulfure ne fût autre chose que la portion de matière qui affecte péniblement les yeux, et dont l'odeur est si vive.

Ce qui me paraît démontré dès à présent, c'est que

la composition de l'hydrure de soufre varie et que l'acide qui sert à le préparer n'entre point dans sa composition. Le premier que j'ai analysé m'a semblé formé de 8 atomes de soufre et de 1 atome d'hydrogène sulfuré. Un autre plus liquide ne semblait renfermer que 6 atomes de soufre. Pour arriver à ces résultats, j'ai essayé d'abord de chauffer dans un tube de verre un poids donné d'hydrure et de recueillir exactement le gaz sur le mercure. L'analyse est facile à conduire. Le dégagement gazeux s'opère à volonté, et le soufre reste dans le tube; mais quelque chose que l'on fasse, il y a toujours un peu de liqueur entraînée, de sorte que les poids réunis du soufre et de l'hydrogène sulfuré ne représentent pas entièrement le poids de liqueur sur lequel on opère.

Cet inconvénient m'a fait renoncer à ce mode d'opérer. J'en ai adopté un autre qui réunit toute l'exactitude désirable. Il consiste à peser l'hydrure dans une ampoule, à la faire passer sous une éprouvette pleine de mercure, et à chauffer l'éprouvette avec un réchaud circulaire en fil de fer. Bientôt l'ampoule crève, et quelque temps après la décomposition est complète. Il ne reste plus qu'à mesurer le gaz qui est toujours de l'hydrogène sulfuré pur; qu'à en apprécier le poids et qu'à le retrancher de celui de l'hydrure soumis à l'analyse pour conclure la quantité de soufre. La seule précaution qu'il soit nécessaire de prendre, c'est de mouiller les parois de l'ampoule avec de l'eau légèrement acidulée. Tel est aussi l'artifice qu'il faut employer lorsque l'on veut déterminer la densité de l'hydrure. Par ce moyen il n'éprouve aucune altération. Au contraire, s'il était pur, des bulles s'en dégageraient de temps à autre et les opérations deviendraient difficiles et inexactes. Est-il besoin d'observer que l'on

tient compte de la très-petite quantité de liqueur acidulée que l'on ajoute.

Telles sont les principales remarques que j'ai faites jusqu'à présent sur l'hydrure de soufre ; elles prouvent, je crois, d'une manière évidente ce que j'ai avancé au commencement de ce Mémoire, savoir qu'il y a une analogie complète entre ce singulier composé et le bi-oxide d'hydrogène.

Tous les phénomènes se prévoient de même dans les deux cas ; un seul, au premier aspect, paraît faire exception : c'est celui qui dépend de la réaction de l'hydrure de soufre et des alcalis. Mais encore est-il facile de prouver qu'il rentre dans la loi commune. En effet, si l'hydrure de soufre produit avec les dissolutions de potasse et de soude un grand dégagement de gaz hydrogène sulfuré, ce dégagement n'est point immédiat ; il n'est que secondaire. Il se forme d'abord un sulfure hydrogéné, et c'est ce sulfure qui décompose ensuite l'hydrure en présence duquel il se trouve. Quand bien même l'alcali serait en excès, le dégagement de gaz aurait encore lieu ; car le contact ne saurait être immédiat, en raison de l'insolubilité de l'hydrure de soufre dans l'eau ; et par conséquent cet hydrure se diviserait tout au plus en petites masses qui seraient soumises à l'influence décomposante du sulfure alcalin.

L'on découvrira infailliblement d'autres corps qui viendront grossir le groupe que forment actuellement le bi-oxide d'hydrogène et le soufre hydrogéné. Il conviendra de rechercher si l'iode, le brôme, le chlore, le fluor, le selenium, qui pour la plupart se rapprochent plus encore de l'oxigène que le soufre, ne seraient pas capa-

bles de former des composés de ce genre. Je m'occupe de ces recherches, et je serai très-empressé de les communiquer à l'Académie, si elles m'offrent quelques résultats nouveaux, dignes de fixer son attention.

Brômure *de silicium et Hydrobrômate d'hydrogène phosphoré* ;

PAR M. SÉRULLAS.

L'existence connue d'un composé de chlore et de silicium a, sans aucun doute, fait supposer à tous les chimistes qu'on pouvait produire un composé semblable de brôme et de silicium ; mais personne, que je sache, ne s'est occupé de l'obtenir. Cette combinaison pourtant méritait de fixer l'attention, quand on a vu les autres composés de brôme, quoiqu'analogues à ceux de chlore, être doués de propriétés particulières très-remarquables, et répandre un nouvel intérêt sur les faits importans que la science avait acquis par l'étude du chlore et de l'iode.

Je vais faire connaître le nouveau brômure. Sa préparation est très-facile. On y procède de la même manière que M. Oersted l'a fait pour le chlorure correspondant, c'est-à-dire en mêlant à l'acide silicique hydraté et desséché jusqu'à un certain point, du noir de fumée, du sucre pulvérisé et une quantité suffisante d'huile pour former une pâte homogène qu'on calcine dans un creuset couvert. La quantité de carbone que renferment les différentes substances du mélange, doit être équivalente au moins à la moitié du poids de l'acide silicique employé.

Le résidu charbonneux de la calcination est introduit

en très-petits fragmens dans un tube de porcelaine ; à l'une de ses extrémités on adapte une petite cornue contenant le brôme, et à l'autre une alonge qui se rend dans un ballon entouré de glace, et portant à sa tubulure un long tube terminé par une ouverture capillaire. Le tube de porcelaine étant incandescent, on volatilise peu à peu le brôme à l'aide de la chaleur.

Le brômure de silicium se produit et se condense, sous forme liquide, dans l'alonge et le récipient. L'opération étant terminée, on le redistille, comme cela est indiqué pour le chlorure, après l'avoir agité avec du mercure dans la cornue même où il doit être distillé, afin d'enlever l'excès assez grand de brôme, ce qui donne lieu à une élévation de température et à un magma plus ou moins épais paraissant à peine contenir du liquide, quoiqu'on en obtienne une assez grand quantité par la distillation.

Quand on retire le brômure de silicium du récipient, il s'exhale, au milieu des vapeurs épaisses qu'il répand, une odeur éthérée très-prononcée de brômure de carbone.

Le brômure de silicium distillé est incolore ; il répand à l'air, comme on pouvait le prévoir, d'épaisses vapeurs ; refroidi dans un mélange frigorifique, il se solidifie de 12 à 15°—0, participant, sous ce rapport, des propriétés du brôme ; agité avec un peu d'eau, il décompose ce liquide promptement en produisant beaucoup de chaleur.

Il entre en ébullition de 148 à 150° ; sa densité est plus grande que celle de l'acide sulfurique ; car il se précipite assez rapidement à travers ce liquide dans lequel il se décompose lentement ; et ce n'est qu'au bout de plusieurs jours qu'il est entièrement converti en acide

silicique et en brôme ; ce dernier étant le résultat de la réaction subséquente de l'acide sulfurique sur l'acide hybrobrômique.

Le potassium agit vivement sur le brômure de silicium à l'aide d'une faible élévation de température ; il en résulte une détonation qui brise fréquemment le tube où elle a lieu.

J'ai profité de cette circonstance pour comparer quelques unes des propriétés du brômure de silicium avec celles du chlorure, et j'ai constaté :

1° Que le point d'ébullition du chlorure de silicium qui n'avait pas été bien déterminé, est à 50° ; le brômure ne bout qu'à 150° ;

2° Que ce même chlorure, qui va au fond de l'eau, surnage l'acide sulfurique à la surface duquel il se décompose en acide silicique et en acide hydrochlorique ; le brômure est plus pesant que l'acide sulfurique ;

3° Que le potassium n'éprouve pas d'altération sensible dans le chlorure de silicium en ébullition, lorsqu'une légère chaleur suffit pour déterminer une action violente de ce métal sur le brômure ; ce qui doit dépendre de ce que le potassium entre en fusion avant l'ébullition du brômure, et qu'au contraire, le chlorure bout avant cette fusion qui ne s'effectue pas dans ce dernier ; en effet, si l'on fait tomber dans le brômure de silicium du potassium qui commence à se liquéfier, la détonation a lieu immédiatement ;

4° Que le chlorure de silicium peut être refroidi au-delà de 20°—o sans perdre sa liquidité ; on a vu que le brômure se solidifie de 12 à 15°.

Les détails que je viens de donner sur le brômure de

silicium, indépendamment des faits nouveaux qu'ils présentent, indiquent naturellement ce qu'il reste à faire pour compléter l'histoire des brômures de la même espèce que lui, et qui nous sont inconnus.

M. Darcet fils a signalé l'existence d'un brômure d'aluminium (Dumas, *Traité de Chimie appliquée aux Arts*, t. 2, p. 407); on y indique ses propriétés comme à peu près semblables à celles du chlorure d'aluminium; il est très-probable qu'elles en diffèrent, ne fut-ce que dans le degré d'ébullition, qui doit être bien plus élevé pour le brômure, à en juger par l'énorme différence qui existe, sous ce rapport, entre le chlorure et le brômure de silicium.

Je puis dire quelque chose du brômure de magnésium. Il s'obtient, comme le précédent, par un mélange intime de charbon et de carbonate de magnésie, etc., mais il est assez difficile de l'avoir parfaitement pur, parce qu'il n'est pas volatil, et qu'il n'entre en fusion qu'à la chaleur rouge. Alors, à mesure qu'il se forme, une partie est emportée par le gaz oxide de carbone dans l'alonge et le ballon qui en sont obscurcis, sous forme d'une poudre grisâtre, mélange de brômure de magnésium, de magnésie et de charbon; une autre portion reste au bout du tube de porcelaine et dans la première partie de l'alonge qui y correspond, sous forme d'une masse fondue plus ou moins blanche, d'un aspect cristallin.

On pourrait probablement obtenir le brômure de magnésium par le procédé ingénieux à l'aide duquel M. Liebig prépare le chlorure de magnésium, c'est-à-dire en chauffant convenablement dans un creuset de platine un

mélange d'hydrobrômate de magnésie et d'hydrobrômate d'ammoniaque.

Le brômure de magnésium attire puissamment l'humidité de l'air; dans l'eau il y a développement de chaleur avec bruit.

Combinaison de l'acide hydrobrômique avec l'hydrogène phosphoré.

Dans l'examen que j'ai fait des propriétés du brômure de silicium, j'ai eu occasion d'observer que son contact avec l'hydrogène phosphoré donnait lieu à la formation d'une matière cristalline que j'ai d'abord cru être un composé de brômure de silicium et d'hydrogène phosphoré, analogue à celui formé de chlorure d'aluminium et d'hydrogène sulfuré, que nous a fait connaître M. Wohler dans son beau travail sur l'aluminium (*Annales de Physique et de Chimie*, t. 37, p. 71); mais j'ai vu que la silice qui se déposait, lorsqu'on le décomposait par l'eau, n'était qu'accidentellement mêlée aux cristaux opaques, et que ceux qui étaient transparens n'en contenaient pas.

Ainsi, si l'on fait passer du brômure de silicium sous une cloche placée sur le mercure contenant de l'hydrogène proto ou perphosphoré secs, il n'y a pas d'action; mais l'introduction d'un peu d'eau, en produisant de l'acide hydrobrômique, suffit pour qu'en quelques heures les parois supérieures de la cloche soient tapissées de cristaux en groupes assez volumineux, de forme cubique, les uns transparens, les autres opaques. Le volume du gaz hydrogène phosphoré a diminué. Ces cristaux

exposés à l'air, en attirent l'humidité; projetés dans l'eau, ils donnent lieu à une vive ébullition causée par le dégagement de l'hydrogène phosphoré, qu'on peut enflammer au moyen d'une bougie. Le liquide retient l'acide hydrobrômique.

Ce composé est tout-à-fait analogue à celui formé d'acide hydriodique et d'hydrogène phosphoré, découvert par M. Dulong, et étudié par M. Houton Labillardière. On peut donc l'obtenir de la même manière, en faisant arriver simultanément dans un tube les gaz acide hydrobrômique et hydrogène phosphoré.

Des essais ont été tentés inutilement pour combiner l'hydrogène phosphoré à tout autre acide, même à l'acide hydrochlorique dont l'analogie, jusque-là sans exception, avec l'acide hydriodique, semblait ne laisser aucun doute sur la possibilité d'obtenir cette combinaison. Sous ce rapport la nouvelle observation présentera un certain intérêt, puisqu'elle montre une différence, pour le chlore, relativement à l'hydrobrômate et à l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, et qu'elle rappelle une autre différence, pour le brôme, relativement à l'iodure et au chlorure d'azote. Les circonstances les plus favorables et variées ont été réunies sans succès pour produire le brômure d'azote et l'hydrochlorate d'hydrogène phosphoré, ce qui peut faire croire que ces deux combinaisons ne sont pas possibles.

Lorsqu'on fait passer quelques gouttes de brômure de silicium sous une cloche contenant de l'hydrogène perphosphoré, celui-ci perd aussitôt la propriété de s'enflammer spontanément à l'air.

Toutefois, lors même qu'on voudrait obtenir de l'hy-

drobrômate d'hydrogène protophosphoré en mettant en contact du gaz acide hydrobrômique et de l'hydrogène protophosphoré sous une cloche placée sur le mercure, on doit avoir attention, après la formation des cristaux, de faire échapper, par bulles, dans l'air, le gaz hydrogène protophosphoré restant; car si l'on soulève tout à coup la cloche, il y a inflammation, ce qui doit dépendre du développement de chaleur qui se produit au contact de l'air, la diminution de pression qui serait une cause suffisante n'ayant pas lieu dans ce cas. Les cristaux adhèrent fortement aux parois de la cloche ou du tube dans lesquels ils se sont formés; on les détache avec une tige métallique, et ils se conservent parfaitement dans un flacon bouché à l'émeri.

Préparation de l'hydriodate d'hydrogène phosphoré.

Pour faire quelques expériences comparatives avec l'hydrobrômate et l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, j'ai dû préparer une certaine quantité de l'un et de l'autre. Le procédé le plus facile et le moins coûteux pour obtenir ce dernier (le premier ne peut être obtenu par le même moyen) consiste à opérer comme on le ferait pour se procurer de l'acide hydriodique par le phosphure d'iode, sauf les proportions. Ce n'est donc que mettre à profit l'observation depuis long-temps faite que ce corps se produit en plus ou moins grande quantité, selon les proportions relatives d'iode et de phosphore employées pour la préparation de l'acide hydriodique.

Ainsi, on introduit dans une petite cornue, par sa tubulure, quatre parties d'iode, une partie de phos-

phore divisé, le tout mêlé à du verre grossièrement pulvérisé. On humecte avec une quantité d'eau égale à peu près à la moitié, mais un peu plus, du poids du phosphore (par exemple, 60 grammes d'iode, 15 grammes de phosphore, et 8 à 9 grammes d'eau). On adapte promptement le col de la cornue, au moyen d'un bouchon, à un tube assez large et un peu long qu'on tient froid en l'entourant d'un linge mouillé.

L'hydriodate d'hydrogène phosphoré se forme immédiatement; la voûte de la cornue en est entièrement tapissée. On chauffe modérément en dessous, et on approche un charbon incandescent des parois de la cornue où se sont fixés les cristaux, afin de les faire passer dans le tube.

Le gaz acide hydriodique en excès se dégage, et l'hydriodate d'hydrogène phosphoré se condense sous forme d'une incrustation cristalline très-dure, et adhérente aux parois du tube; on la détache facilement avec une tige métallique un peu tranchante. Pour avoir le produit parfaitement blanc, on le sublime une seconde fois avec les mêmes dispositions d'appareil.

L'extrémité du tube où cristallise l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, doit être armée d'un autre tube d'un petit diamètre, et courbé, qui plonge dans un peu d'eau pour retenir l'acide hydriodique excédant, afin de l'utiliser. Il faut veiller et sortir de temps en temps le tube de l'eau pour éviter l'absorption lorsqu'on peut la craindre.

Des quantités ci-dessus indiquées, on retire toujours de 12 à 15 grammes d'hydriodate d'hydrogène phosphoré, bien cristallisé et blanc.

Il est à remarquer que le petit excès d'eau qui peut se trouver dans le mélange d'iode et de phosphore (1) ne nuit pas d'une manière notable à l'opération ; il diminue un peu le produit d'hydriodate d'hydrogène phosphoré. Mais une fois que cette eau est saturée d'acide hydriodique, elle n'empêche pas la séparation de l'hydriodate d'hydrogène phosphoré.

En effet, si l'on mêle à très-peu d'eau de l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, il arrive bientôt que le liquide, qui n'est plus que de l'acide hydriodique concentré, cesse d'agir, alors on peut y ajouter une quantité quelconque d'hydriodate d'hydrogène phosphoré; elle y reste sans éprouver d'altération. En chauffant ce mélange avec ménagement dans une cornue adaptée à un tube récipient, terminé lui-même par un tube capillaire, disposition à employer chaque fois pour la sublimation de ce corps, l'hydriodate d'hydrogène phosphoré s'élève avec ébullition à travers le liquide, et cristallise sur les parois du tube. On conçoit que l'acide hydriodique, qui ne bout qu'à 128°, laisse échapper, sans le suivre, tout l'hydriodate d'hydrogène phosphoré volatilisable à une assez douce chaleur. C'est même un moyen de l'avoir très-blanc et bien cristallisé que de le sublimer ainsi avec quelques gouttes d'eau qui restent ensuite dans la cornue en acide très-concentré. Aussi, à la fin de chaque

---

(1) En employant pour les quantités indiquées 9 grammes d'eau, le gramme d'hydrogène qu'ils contiennent est plus que suffisant pour former et l'acide hydriodique et l'hydrogène phosphoré. D'après le calcul approximatif, il faut même un peu moins de 8 grammes d'eau.

opération, le col des cornues, en se refroidissant, est tapissé d'une grande quantité de cristaux cubiques assez gros, transparens, et imprégnés d'acide hydriodique, parce qu'en dernier lieu on force un peu la température pour retirer tout ce qu'il peut y avoir, mais la sublimation à une douce chaleur les débarrasse de cet acide.

Quoique l'hydriodate d'hydrogène phosphoré ait été étudié dans ses principales propriétés, je l'ai soumis à quelques expériences dont les résultats pouvaient être prévus sans doute, mais que toutefois je ne crois pas inutile de noter.

Le procédé pour l'obtenir est d'une exécution si facile, qu'on peut avoir dans ce produit une réserve, sous forme solide, de gaz hydrogène protophosphoré très-pur et très-propre à en faire l'examen, et d'acide hydriodique concentré. Il suffit, selon l'expérience qu'on peut avoir en vue, de le décomposer soit sous le mercure, soit sous l'eau. Dans le premier cas, après l'avoir réduit promptement en poudre, on en remplit exactement un petit tube qu'on ferme avec le doigt, et on le fait passer sous une cloche pleine de mercure, où l'on fait ensuite arriver quelques gouttes d'eau; dans le second, on porte directement le tube plein sous une cloche pleine d'eau, et on retire le doigt.

La plus haute température ne décompose pas l'hydriodate d'hydrogène phosphoré; j'en ai fait passer en vapeur dans un tube incandescent contenant du sous-borate de soude en fusion, celui-ci n'a pas éprouvé de changement sensible, et l'hydriodate est venu cristalliser sans altération dans un récipient refroidi placé à l'autre extrémité. Sa vapeur s'enflamme facilement par un

corps en ignition qu'on approche de l'orifice du tube où elle se produit.

En chauffant de l'alcool concentré avec de l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, le gaz hydrogène phosphoré se dégage, et il reste de l'éther hydriodique que l'on précipite par une addition d'eau.

Si l'on projette, à la température ordinaire, sur de l'hydriodate d'hydrogène phosphoré placé dans un tube, du nitrate d'argent pulvérisé ou de l'oxide de ce métal, il y a une vive action et développement d'une forte chaleur; avec le nitrate, formation d'iodure et de phosphate d'argent; avec l'oxide, production d'eau, d'iodure d'argent et dégagement d'hydrogène phosphoré qui s'enflamme.

Les acides nitrique, chlorique, brômique et iodique, ainsi que les chlorates, brômates et iodates de potasse, agissent vivement dès qu'ils sont en contact avec l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, même à la température ordinaire; il y a une vive inflammation. Le nitrate de potasse n'agit que lentement à l'aide de la chaleur; il en est de même de l'acide oxichlorique et de l'oxichlorate de potasse.

Le cyanure de mercure mêlé par trituration à de l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, et chauffé dans un tube, donne lieu à de l'iodure rouge de mercure, de l'acide hydrocyanique se dégage avec l'hydrogène phosphoré, sans combinaison. Même action avec le cyanure de potassium; production d'iodure de potassium, d'acide hydrocyanique, et l'hydrogène phosphoré est mis en liberté.

Avec les chlorures de mercure, formation d'iodures

de mercure, d'acide hydrochlorique, et l'hydrogène phosphoré se dégage.

Avec les brômures de mercure exactement mêlés et chauffés, formation d'iodures de mercure et d'hydrobrômate d'hydrogène phosphoré, lequel se trouve mêlé d'une assez grande quantité d'hydriodate d'hydrogène phosphoré qui s'est volatilisé sans décomposition. Il se dégage en même temps de l'acide hydrobrômique et de l'hydrogène perphosphoré qui s'enflamme à l'air après avoir traversé l'eau sous laquelle plonge le tube.

L'acide sulfurique concentré est décomposé subitement par l'hydriodate d'hydrogène phosphoré. Dégagement bien distinct d'hydrogène sulfuré et d'acide sulfureux en même temps. Par une réaction subséquente et assez prompte, les deux gaz se décomposent mutuellement en donnant lieu à un dépôt formé d'iode, de soufre et de phosphore, soluble en majeure partie dans l'eau. La liqueur renferme donc l'excès d'acide sulfurique, un acide du phosphore, de l'acide hydriodique qui, lorsqu'on concentre la liqueur, est décomposé par l'acide sulfurique qui met l'iode en liberté.

Le sulfate neutre d'hydrogène carboné est également décomposé par l'hydriodate d'hydrogène phosphoré, assez promptement à l'aide de la chaleur et au bout d'un jour ou deux à la température ordinaire, selon qu'on agite plus ou moins souvent le tube qui contient le mélange. Il en résulte, dans les deux cas, si l'hydriodate d'hydrogène phosphoré est en excès, une décomposition complète de l'acide sulfurique en hydrogène sulfuré, acide phosphoreux et de l'éther hydriodique qu'on sépare par une addition d'eau.

Dans cette expérience, la décomposition d'abord lente de l'hydriodate d'hydrogène phosphoré devient plus active à mesure que l'acide sulfurique est lui-même décomposé, parce que son eau constitutive est mise en liberté et exerce son action naturelle sur l'hydriodate d'hydrogène phosphoré.

L'éther hydriodique qui se forme dans cette circonstance tient en dissolution l'huile douce qui se sépare en chauffant long-temps cet éther dans une dissolution concentrée de potasse caustique; celle-ci ne retient que l'iode. Je ne pense pas que ce composé puisse être un iodure d'hydrogène carboné particulier?

Lorsqu'on fait passer un courant d'hydrogène protophosphoré à travers l'acide sulfurique concentré, il y a absorption assez grande de ce gaz; mais tout-à-coup, et en peu de temps, une vive réaction a lieu, l'acide, de transparent qu'il était pendant l'absorption, se trouble, une odeur très-forte d'hydrogène sulfuré mêlée de celle d'acide sulfureux se manifeste; du soufre et du phosphore se déposent. Je reproduis cette expérience qui a déjà été faite, parce qu'on n'a pas signalé la production abondante d'hydrogène sulfuré à laquelle elle donne lieu.

L'acide acétique cristallisable chauffé avec l'hydriodate d'hydrogène phosphoré ne l'altère pas sensiblement; l'hydriodate d'hydrogène phosphoré se volatilise.

LETTRE *de* **M. D. Blanquet** *à* **M. Pelouze**, *répétiteur de chimie à l'École polytechnique, sur la Fabrication du Sucre de Betterave.*

Monsieur,

J'ai lu avec beaucoup d'intérêt votre Mémoire sur la betterave, que vous avez eu la bonté de me confier avant sa publication.

Les expériences chimiques auxquelles vous avez soumis cette racine intéressent au plus haut degré les fabricans de sucre indigène, qui ont surtout besoin du secours de la science pour les guider dans les recherches propres à éclaircir les mystérieuses anomalies qu'ils rencontrent, et pour donner à leurs travaux une régularité que les caprices de la fabrication semblent refuser aux efforts les plus persévérans.

Les travaux chimiques auxquels vous vous êtes livré vous ont démontré que la betterave non altérée contient ordinairement environ 10 p. °/o de sucre, c'est-à-dire le double à peu près de ce que l'on obtient en manufacture, par les meilleurs procédés connus. Vous confirmez en ce point les résultats d'expériences faites par plusieurs chimistes habiles; et vous annoncez de plus que la betterave non altérée ne contient pas de sucre incristallisable. Cette dernière assertion est nouvelle, du moins à ma connaissance, et elle permet d'assigner des limites plus étendues aux perfectionnemens dont notre industrie est susceptible.

Toutefois vos expériences vous ont mis à même de

signaler un fait remarquable, c'est que les densités des jus de betteraves ne sont pas toujours en rapport avec les quantités de sucre qu'elles contiennent, non pas seulement pour des racines provenant de champs différens, mais pour des betteraves d'un même champ, cueillies les unes à côté des autres et le même jour. C'est déjà, ce me semble, une cause qui peut aider à rendre compte des différences de résultats que l'on obtient, non pas d'un jour à l'autre, non pas d'une espèce de betterave à une autre, mais à une heure d'intervalle en traitant par des procédés réguliers des betteraves supposées les mêmes, parce que la végétation s'en est accomplie sous des conditions considérées comme identiques.

Vous signalez un autre fait important, d'accord sur ce point avec M. Dubrunfaut, c'est que la richesse saccharine de betteraves récoltées dans des champs fortement fumés n'est pas moindre que celle de betteraves qui auraient crû dans des terres où les engrais auraient été plus épargnés. La conséquence naturelle de ce fait semblerait être qu'il y a avantage évident à ne pas redouter les engrais, puisque avec leur secours on obtient une beaucoup plus grande quantité de betteraves et que leur richesse saccharine est aussi grande ou à peu près. Cette conséquence serait inévitable si la betterave était destinée à être travaillée toujours peu de temps après la récolte, ou si les moyens de conservation connus permettaient d'empêcher l'altération qu'elle subit dans les magasins ou dans les silos. Mais dans l'état actuel de nos connaissances, il est nécessaire d'examiner si la betterave provenant de champs très-riches en engrais n'est pas susceptible de subir une altération plus prompte et plus

considérable que celle qui provient des terres moins fumées. Je suis très-disposé à penser, d'après une assez longue pratique, que les betteraves récoltées dans la première de ces conditions se conservent beaucoup plus difficilement, et que l'extraction du sucre qu'elles contiennent présente beaucoup plus de difficultés, alors surtout que les engrais ont été appliqués immédiatement à la récolte de betteraves.

Voici une expérience faite cette année dans notre culture, et qui me fortifie dans cette opinion.

Nous avons repiqué des betteraves, d'après la méthode indiquée par M. Mathieu de Dombasles, dans un terrain de 12 ares environ, qui avait servi depuis deux ans à recevoir des dépôts du fumier de cavalerie. Nous avons obtenu un grand produit de betteraves; mais le jus ne marquait que 5° à l'aréomètre de Baumé, et après la défécation le jus sortant de la chaudière ne marquait guère que 0.

Le jus a été filtré, vaporisé, clarifié séparément, en suivant précisément les mêmes moyens que nous employons ordinairement; mais nous n'avons obtenu que les deux tiers environ de la quantité ordinaire de sirop à 27°, et ce sirop porté dans la chaudière de cuite a refusé obstinément d'arriver à la preuve. Vers 36 degrés de l'aréomètre, le bouillon s'est tout-à-fait affaissé, comme si l'on eût fermé le robinet d'introduction de vapeur. La vaporisation a cessé tout-à-fait, et nous avons été forcés, pour en finir, de clarifier le sirop de nouveau. Après l'application de ce moyen, toujours employé par nous lorsque cet étrange phénomène se présente, la cuite a réussi comme d'habitude.

Mais qu'arriverait-il si de pareilles betteraves, au lieu d'être travaillées immédiatement, devaient être conservées dans les silos? Probablement elles donneraient bien peu de sucre cristallisé.

Votre Mémoire signale un autre fait qui n'est pas moins important, et qui se trouve en opposition avec d'autres publications sur cet objet; je veux parler de la présence de la chaux dans le jus de betteraves.

La chaux est le seul agent connu au moyen duquel on agisse convenablement en manufacture pour opérer la défécation du jus de betteraves (je ne parle pas de l'acide sulfurique qui, dans mon opinion, doit être rejeté de la fabrication du sucre, du moins pour le procédé à la cuite), et si cette chaux se retrouve dans le jus en contact avec le sucre, qu'elle transforme probablement en partie en sucre incristallisable, il faut nécessairement reconnaître qu'une des conditions inévitables des moyens de fabrication actuelle est de sacrifier une partie du sucre de la betterave pour obtenir l'autre partie.

Voici du reste comment se partagent effectivement les 10 p. °/₀ de sucre que vous avez trouvés généralement dans la betterave saine et bien conservée :

5 p. °/₀ de sucre cristallisable, 2 ½ p. °/₀ de mélasse environ, 2 ½ p. °/₀ laissés dans la pulpe, ensemble 10 pour °/₀.

La pratique confirme donc l'exactitude de vos expériences.

Quant à votre opinion sur la présence de la chaux dans le jus de betterave, que vous y avez trouvée dans la proportion de 1 gramme à 1gr,5 par litre, nous la croyons parfaitement exacte. Nous avons essayé nous-

mêmes d'en constater la présence avec M. Baudrimont, habile chimiste, qui veut bien consacrer quelques-uns de ses loisirs à notre industrie. Voici ce qui nous est arrivé. Nous avons obtenu un précipité très-abondant au moyen de l'oxalate d'ammoniaque versé dans une petite portion de jus de betteraves, immédiatement après la défécation. Le même réactif, versé dans le même jus après filtration sur une couche de noir animal en grains, nous a encore indiqué la présence de la chaux; le même réactif employé sur du jus vaporisé jusqu'à 15° de l'aréomètre de Baumé nous a donné la même indication avant et après une filtration nouvelle sur une nouvelle couche de noir animal en grains; le même phénomène s'est représenté sur le sirop à 26° avant et après une clarification au noir fin, mais le précipité se montrait toujours de moins en moins considérable; enfin, après une dernière filtration, avant que de soumettre le sirop à la cuite, l'oxalate d'ammoniaque n'a plus donné de précipité appréciable. D'où nous avons conclu qu'aucune de nos opérations de filtration ou de clarification n'était surabondante, et qu'avec leur secours nous soumettions à la cuite du sirop débarrassé de chaux, tout en conservant l'inconvénient résultant de la présence de cet agent dans le cours de la vaporisation.

Voici en peu de mots nos moyens de fabrication avec leurs inconvéniens, et les améliorations vers lesquelles nous croyons devoir diriger notre attention et nos efforts.

Nous râpons la betterave, nous soumettons la pulpe à l'action énergique d'une presse hydraulique, et nous obtenons 68 à 72 p. °/₀ de jus. Il y a là une grande amélioration à attendre, puisque 100 grammes de pulpe for-

tement exprimée, lavée à plusieurs reprises et desséchée au bain-marie, se réduisent à 2gr,5.

Nous déféquons au moyen de la chaux. Lorsque les betteraves sont parfaitement saines et que la proportion de cet agent est convenable, la défécation s'opère bien; le jus parfaitement décoloré et limpide se sépare facilement des dépôts et écumes, le noir animal en grains et en poudre exerce sur le sirop une action décolorante très-prononcée, la vaporisation et la cuite s'opèrent bien, le clairçage se pratique avec facilité et nous obtenons définitivement, en remplissant avec exactitude toutes les conditions de détail indispensables dans les opérations, 5 p. °/o environ de beau et bon sucre et 2 ½ p. °/o de mélasse. Mais si la betterave est plus ou moins altérée, si elle a accompli sa végétation dans un terrain fumé avec une proportion exagérée d'engrais, alors les conditions que je viens d'énumérer et qui sont toutes nécessaires au succès, ne se présentent plus que d'une manière tellement capricieuse, tellement variable, que la fabrication devient un mystère. Une mauvaise défécation ne laisse plus de certitude sur la bonne marche d'aucune des opérations suivantes, et, chose remarquable, l'action décolorante du noir animal est presque nulle. Les conditions capitales d'une bonne fabrication sont donc la conservation des racines et la réussite de la défécation, et malheureusement ces conditions sont des problèmes encore à résoudre.

Voilà, Monsieur, ce que la fabrication du sucre indigène, et son état d'incertitude et de mobilité, nous fait désirer vivement que la science et l'observation viennent éclairer et diriger nos efforts pour concourir à assurer à

la France tous les bienfaits qu'elle peut attendre d'une industrie essentiellement agricole et précieuse sous tant de rapports.

Recevez, Monsieur, etc.

Bulletin *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du 18 *juillet* 1831.

M. Bennati demande à reprendre le Mémoire qu'il a présenté pour le concours de médecine.

M. Dutrochet sollicite des commissaires pour répéter les expériences qu'il a communiquées à la séance dernière.

M. Lamarre-Picquot demande à lire un ensemble de faits qu'il a recueillis sur le choléra-morbus. La parole lui sera accordée à l'une des séances prochaines.

M. Lassis adresse des Observations contre l'opinion de la contagion du choléra-morbus et contre les méthodes de traitement que l'on emploie à l'égard de cette maladie.

M. Leymerie présente aussi des Observations contre les cordons sanitaires établis pour le choléra-morbus, qu'il propose d'appeler peste glaciale, en opposition à la peste d'Egypte, qu'il nomme peste brûlante.

M. Thilorier annonce que son système de compression de l'air vient d'être appliqué à une machine de guerre par M. Perrault.

On reçoit un Mémoire de M. Alberto Gatti sur la manière de polir les pierres pour en faire des miroirs de télescope.

M. Couverchel demande à être porté comme candidat pour la place vacante dans la section d'agriculture. Sa lettre est renvoyée à la section.

M. Magendie communique une Lettre de M. Scipion Pinel, écrite de Varsovie, sur le choléra-morbus.

M. H. de Cassini fait un Rapport sur le Mémoire de

M. Barbe, relatif à l'impulsion qui provoque la saillie des germes végétaux adventifs.

M. Beudant rend un compte verbal très-favorable de l'ouvrage de M. Adolphe Brongniart, sur les végétaux fossiles.

M. Savart lit une Note sur la limite de la perception de sons graves.

M. de Humboldt lit des Considérations sur le climat de l'Asie et sur les températures du sol dans ses rapports avec la conservation des parties molles des animaux antédiluviens.

M. Geoffroy Saint-Hilaire lit un Mémoire sur l'emploi erroné de l'os intermaxillaire pour en déduire les conditions indicatives du caractère des dents incisives.

M. Auguste de Saint-Hilaire lit un Mémoire intitulé : *Tableau de la végétation primitive dans la province de Minaes Geraes.*

Séance du 25 *juillet* 1831.

Une boîte cachetée, remise par M. Person, contenant un Mémoire et des produits relatifs à une découverte que l'auteur croit avoir faite, sera, conformément à la demande de l'auteur, déposée au secrétariat.

Les commissaires chargés d'examiner la carte présentée à l'Académie par M. Capelin, annoncent qu'ils n'ont pas de rapport à faire sur la manière dont le relief du terrain est exprimé sur cette carte, et dont l'effet pittoresque paraît d'ailleurs fort satisfaisant; ce procédé ne reposant sur aucun procédé scientifique, est entièrement dans les attributions de la Commission nommée à cet effet par l'Académie des Beaux-Arts.

MM. Desfontaines et Henri de Cassini font un Rapport très-favorable sur le Mémoire de M. Adolphe Brongniart, intitulé : *Observations sur la structure et le mode d'accroissement des tiges dans quelques familles de plantes dicotylédones.*

M. Barthélemy Panizza remercie l'Académie de la marque d'estime qu'elle lui a donnée en lui décernant une médaille.

M. Londe, l'un des médecins envoyés à Varsovie,

donne des détails sur le choléra-morbus. Sa Lettre est renvoyée à la Commission.

M. Grouvelle adresse une Notice sur la chaudière au bain marie montée dans l'établissement de la Compagnie hollandaise des bouillons à domicile. Ce Mémoire est renvoyé à la Commission de la gélatine.

M. le ministre des Travaux publics adresse 65 billets d'entrée pour la cérémonie qui aura lieu au Panthéon, mercredi prochain 27 juillet.

On reçoit un Mémoire sur la circulation nerveuse et autres conditions matérielles de la vie dans les animaux, par M. Richard Devaux.

Un instrument d'arpentage nommé géodésimètre est présenté par M. Deriquehem.

L'Académie renvoie à la section d'agriculture une Lettre de M. Poiteau, où il exprime le désir de succéder à M. Ivart, et fait connaître ses titres à cette élection.

M. Dutrochet lit un Mémoire sur la cause physique de l'endosmose.

M. Auguste de Saint-Hilaire continue et termine la lecture de son Mémoire sur la végétation dans la province de Minas Geraes.

L'Académie, sur la proposition de la section de botanique, va au scrutin pour savoir s'il y a lieu à nommer à la place vacante dans cette section. L'affirmative est décidée à l'unanimité.

M. Duméril fait un Rapport sur le Traité complet de l'Anatomie de l'homme par MM. Bourgery et Jacob.

M. Costaz lit un Mémoire sur la construction des tables statistiques.

M. Giroux de Buzareingue lit un Mémoire sur la génération des plantes.

L'Académie arrête : 1° que la présentation de candidats pour remplir la place vacante par le décès de M. Coquebert de Montbret se fera dans la séance prochaine ;

2°. Que la section de botanique présentera aussi une liste de candidats pour remplir la place vacante, dans cette section, par le décès de M. Aubert Dupetit-Thouars.

Séance du 4 août 1831.

On reçoit une Lettre de M. Azaïs dans laquelle cet écrivain cherche à expliquer les phénomènes de l'endosmose par sa loi universelle.

M. Tollard aîné demande à être porté sur la liste des candidats à la place vacante dans la section d'économie rurale.

M. Voisot, de Châtillon-sur-Seine, adresse un Mémoire sur les explosions des chaudières à vapeur.

M. Girou demande que l'on nomme un commissaire en remplacement de M. Fourrier pour l'examen de son Mémoire sur les mariages, les naissances et les sexes en France.

M. Gannal prie l'Académie de faire examiner l'emploi de la charpie vierge qui vient d'être adoptée dans les hôpitaux militaires comme exempte d'une foule d'inconvéniens auxquels est sujette la charpie faite avec du linge qui a déjà servi.

MM. Labillardière et Auguste de St.-Hilaire font un Rapport sur un Mémoire de M. Alfred Moquin concernant la famille des Chénopodées.

M. Henri de Cassini fait un Rapport favorable sur le Mémoire de M. Adolphe Brongniart relatif au mode de fécondation des Orchidées et des Cistinées.

M. Mirbel rend ensuite un compte avantageux du Mémoire de M. Adrien de Jussieu, relatif aux Malpighiacées.

M. Adolphe Brongniart lit un Mémoire sur les végétaux fossiles.

L'Académie se forme en comité secret. La section de botanique présente pour la place vacante dans son sein par le décès de M. Dupetit-Thouars, MM. de Jussieu, Brongniart, Richard et Cambessèdes.

La Commission nommée à cet effet présente pour la place d'académicien libre vacante par le décès de M. Coquebert Montbret, et sur la même ligne, MM. Bory St.-Vincent, Costas, Lamandé, Monges et Seguier. Elle fait observer que les noms sont rangés simplement d'après l'ordre alphabétique. Chacune de ces présentations

est accompagnée d'une énumération raisonnée des travaux et des ouvrages de ces divers candidats. Le mérite de ces travaux est discuté.

Les élections auront lieu à la séance prochaine.

Séance du 8 août.

Un paquet cacheté, sur l'emploi de remèdes appliqués par frictions à la plante des pieds, par M. Foureau de Beauregard, sera déposé au secrétariat, conformément au vœu de l'auteur.

M. Civiale rend compte de la destruction, au moyen de son appareil, d'un calcul vésical qui avait au moins six pouces de circonférence, et dont l'extraction n'a été suivie d'aucun accident grave. La personne à qui cette pierre a été ôtée est présente à la séance.

On reçoit un Mémoire sur les moyens d'obtenir le principe fébrifuge du houx par M. Deschamps; une Note de M. Wagon, sur un remède contre la maladie vénérienne; et un Mémoire intitulé : *Remarques sur quelques points importans de la géométrie*, par M. Walsh.

On reçoit un Mémoire de M. Couerbe, sur les produits qui naissent de la combustion et sur la formation des nitrates naturels.

M. Cagniard Latour communique une expérience dont il résulte que les vibrations d'un instrument appelé sirène se font entendre avec plus d'intensité lorsque l'auditeur est plongé dans l'eau.

M. Magendie fait un Rapport favorable sur l'emploi du houx contre les fièvres intermittentes, proposé par M. le docteur Emmanuel Rousseau.

A propos de nouvelles lectures sur le choléra morbus, l'Académie arrête que les pièces relatives aux maladies contagieuses seront renvoyées directement à la Commission chargée de ce sujet, laquelle est invitée à s'en occuper immédiatement et à faire son rapport le plus tôt possible.

L'Académie va au scrutin pour l'élection à la place vacante dans la section de botanique. Sur 48 votans, M. Adrien de Jussieu obtient 25 suffrages, M. Adolphe

Brongniart 23. M. de Jussieu est déclaré élu, et ce choix sera présenté à l'approbation du Roi.

Un second scrutin a pour objet l'élection d'un associé libre. Sur 51 votans, M. Costas a obtenu 26 voix, MM. Séguier et Lamandé chacun 8, M. Bory Saint-Vincent 7, M. Mongez 2. M. Costas est déclaré élu. Son élection sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Auguste de St.-Hilaire rend compte d'un Mémoire de M. Virey, intitulé : *Flore nocturne*.

M. Becquerel fait un Rapport sur le Mémoire de M. Lechevalier, relatif au mouvement des fluides.

M. Dutrochet lit un Mémoire sur les causes qui opèrent la décoloration des feuilles des végétaux.

SUR *la Composition de la Salicine.*

PAR MM. PELOUZE ET J. GAY-LUSSAC.

Nous avons publié dans les *Annales de Chimie et de Physique* l'analyse de la salicine, dont la composition paraissait être identique avec celle de l'éther acétique. Pour vérifier un fait aussi remarquable, nous avons repris l'analyse de ce corps. Elle a été faite avec l'appareil et sous les yeux de M. Liebig. Nous avons reconnu une erreur dans la quantité d'hydrogène que nous avons précédemment trouvée ; elle vient sans doute de ce qu'on s'est servi d'une très-petite quantité de matière.

En opérant sur 0,500 gr., nous avons eu les nombres suivans qui s'accordent parfaitement avec ceux de la même analyse qu'avait faite M. Liebig :

55,49 carbone,
6,38 hydrogène,
38,13 oxigène.

Ces nombres correspondent à la composition théorique de :

4 at. carbone,
5 at. hydrogène,
2 at. oxigène.

JOURS.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Thermomètre. maxim.	minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	754,15	+21,2	78	752,00	+24,5	60	749,84	+26,5	54	747,00	+18,5	80	+26,5	+13,7	Nuageux.	E.
2	752,00	+13,5	74	752,60	+15,3	65	752,12	+14,3	65	753,25	+11,8	86	+15,3	+11,3	Couvert.	N. O.
3	753,05	+15,0	68	752,48	+17,2	58	752,58	+16,7	50	752,05	+12,7	63	+17,2	+ 9,0	Nuageux.	N. O.
4	753,94	+16,8	70	753,82	+19,3	60	753,78	+20,0	60	755,00	+15,5	85	+20,0	+10,0	Pluie.	O.
5	756,26	+21,2	70	756,10	+24,0	61	755,88	+23,7	60	756,36	+17,8	70	+24,0	+13,5	Très-nuageux.	S.
6	756,18	+20,5	70	755,46	+24,8	56	754,80	+25,3	50	755,60	+16,5	86	+25,3	+14,5	Nuageux.	S.
7	755,57	+18,7	80	755,18	+20,5	66	754,30	+20,0	52	753,37	+13,7	70	+20,5	+13,7	Nuageux.	S. O.
8	753,94	+16,3	70	753,56	+18,3	60	752,60	+18,5	52	751,96	+13,8	80	+18,8	+ 9,8	Nuageux.	S. O.
9	749,92	+17,2	62	749,08	+19,2	60	748,40	+16,0	60	749,05	+11,7	85	+19,2	+10,7	Très-nuageux.	S. O.
10	750,90	+14,5	80	751,22	+16,3	71	752,26	+13,8	78	754,20	+11,3	88	+16,3	+11,0	Pluie.	O.
11	756,83	+15,5	76	756,90	+17,6	64	757,20	+17,7	62	758,95	+12,5	78	+17,7	+10,0	Couvert.	O.
12	760,96	+16,8	75	761,00	+17,5	70	760,82	+16,3	76	761,03	+15,0	80	+17,5	+12,0	Couvert.	N. O.
13	760,16	+20,0	78	759,88	+18,4	55	759,08	+18,7	50	759,04	+13,0	55	+18,7	+12,5	Nuageux.	N. N. O.
14	758,10	+12,8	64	757,78	+15,5	50	757,42	+15,6	45	758,52	+11,3	58	+15,5	+ 8,8	Nuageux.	N. E.
15	759,67	+13,0	68	759,60	+15,1	49	758,88	+16,2	48	759,50	+11,2	70	+16,2	+ 9,2	Nuageux.	N. E.
16	761,70	+14,3	78	761,72	+18,1	60	761,55	+17,6	60	762,60	+13,6	72	+18,5	+ 8,3	Couvert.	O. N. O.
17	763,10	+15,0	70	762,72	+17,5	60	761,88	+17,0	58	761,55	+13,2	82	+17,5	+ 9,0	Couvert.	N.
18	759,88	+16,3	74	759,35	+19,0	60	758,00	+20,0	52	757,40	+13,0	76	+20,0	+11,8	Très-nuageux.	E.
19	756,60	+15,0	65	755,63	+18,5	46	754,42	+19,5	42	753,00	+14,5	68	+19,5	+ 8,0	Nuageux.	S. E.
20	754,90	+15,0	75	755,03	+17,5	60	755,26	+18,0	50	756,30	+11,8	70	+18,0	+11,8	Très-nuageux.	O.
21	756,13	+13,7	74	755,53	+18,2	61	754,66	+19,2	60	754,45	+15,2	70	+19,2	+ 8,5	Couvert, brouillard.	S. E.
22	754,00	+14,5	80	754,00	+19,0	70	753,72	+20,8	65	755,56	+14,5	86	+20,8	+12,5	Nuageux.	N. O.
23	760,20	+15,5	75	760,80	+18,4	53	761,06	+18,7	50	763,60	+11,7	70	+18,7	+11,7	Nuageux.	N.
24	764,98	+15,6	70	764,16	+18,5	60	762,80	+19,0	50	762,00	+15,0	62	+19,0	+ 7,8	Beau.	S.
25	760,05	+16,2	70	758,96	+20,0	62	757,70	+20,7	56	757,68	+14,5	75	+20,7	+ 9,0	Beau.	S. E.
26	757,64	+16,3	75	756,73	+20,8	58	755,63	+21,8	52	755,60	+15,5	65	+21,8	+11,4	Beau.	O.
27	754,37	+16,2	75	753,46	+20,5	65	752,35	+22,0	50	752,22	+17,5	70	+22,0	+12,0	Nuageux.	N. O.
28	751,33	+17,8	70	751,74	+21,6	62	750,00	+21,9	53	749,86	+16,3	70	+21,9	+11,3	Nuageux.	S. O.
29	748,06	+18,0	68	747,70	+22,2	60	747,50	+22,7	56	748,40	+17,0	70	+23,6	+13,2	Nuageux.	E.
30	745,94	+17,8	76	743,75	+22,5	62	741,68	+23,5	58	740,52	+19,0	70	+23,5	+14,1	Très-nuageux.	S. E.
1	753,59	+17,5	72	753,15	+19,0	62	752,66	+19,5	58	752,98	+14,3	79	+20,3	+11,7	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	759,19	+15,0	72	758,96	+17,5	57	758,45	+17,6	54	758,79	+12,9	71	+17,9	+10,1	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 4,765
3	755,27	+16,2	73	754,68	+20,2	61	753,71	+21,0	55	753,98	+15,8	71	+21,1	+11,0	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 4,530
	756,02	+16,2	73	755,60	+19,2	60	754,94	+19,4	56	755,25	+14,3	74	+19,8	+11,0	Moyennes du mois,	+15,4.

Recherches *sur quelques Combinaisons du Chlore*,

Par M. E. Soubeiran.

(Communiqué par l'auteur.)

Des nombreuses combinaisons entre le chlore et l'oxigène que la théorie chimique fait prévoir, les suivantes sont seules connues :

Protoxide de chlore.	2 vol. chlore	+ 1 vol. oxigène.
Deutoxide de chlore.	1 vol.	+ 2 vol.
Acide chlorique....	2 vol.	+ 5 vol.
Acide oxichlorique..	2 vol.	+ 7 vol.

Quelques chimistes admettent hypothétiquement, dans les composés désignés sous le nom de chlorures d'oxides, une autre combinaison (acide chloreux) formée de 2 vol. de chlore et de 3 vol. d'oxigène. Stadion a cru la trouver dans le gaz que forme le chlorate de potasse fondu, traité par l'acide sulfurique concentré.

Les expériences de Davy et de M. Gay-Lussac sur le deutoxide de chlore et l'acide chlorique ne laissent aucune incertitude aux chimistes sur leur composition. Stadion a porté à sept atomes l'oxigène de l'acide oxichlorique, et ce résultat, qui n'était admis qu'avec réserve par les chimistes, a été confirmé tout récemment par les expériences remarquables de M. Sérullas sur les acides chlorique et oxichlorique et leurs combinaisons.

Le protoxide de chlore et l'acide chloreux seront l'objet principal du travail que je présente à l'Académie; les considérations théoriques et la pratique des labora-

toires n'ayant encore rien appris aux chimistes sur les moyens de se procurer les autres combinaisons du chlore et de l'oxigène qui manquent dans la série théorique.

Protoxide de chlore.

En faisant agir l'acide hydrochlorique sur le chlorate de potasse, H. Davy obtint un gaz qu'il considéra comme un composé jusqu'alors inconnu de chlore et d'oxigène auquel il donna le nom d'euchlorine. Les chimistes méthodiques l'ont appelé depuis protoxide de chlore. Davy examina ses propriétés et s'occupa de déterminer sa composition. Pour y parvenir, il fit détoner ce gaz dans une petite cloche courbe ; il absorba le chlore par l'eau, et s'assura de la pureté de l'oxigène restant. Davy conclut de ses expériences que le protoxide de chlore est formé de 4 vol. de chlore et de 2 vol. d'oxigène. Il admit qu'au moment de la combinaison les gaz subissent une contraction d'un sixième, de telle sorte que les six volumes des élémens primitifs ne forment plus que cinq volumes après la combinaison. Cette circonstance laissait des doutes sur l'existence même de l'euchlorine, et Davy lui-même hésita à considérer le nouveau gaz comme un oxide particulier. M. Thenard, tout en lui réservant une place dans son Traité de Chimie, rappela les circonstances qui pouvaient le faire considérer comme un mélange de chlore et de deutoxide ; cependant M. Gay-Lussac confirma le mode de composition annoncé par Davy, sans toutefois s'occuper de déterminer les modifications que la combinaison pouvait apporter dans le volume du gaz. M. Berzelius a admis également ce pre-

mier degré d'oxidation du chlore et il a émis l'opinion que la contraction est réellement du tiers du volume des composans, supposant que lors de l'analyse de Davy une partie du gaz s'était déjà décomposée avant l'expérience.

L'un de nos jeunes chimistes, dont l'opinion fait déjà autorité dans la science, a cependant cru devoir considérer l'euchlorine comme un mélange de chlore et de deutoxide; mais M. Dumas s'est appuyé surtout de la singularité de la contraction, et de la ressemblance que l'on observe entre les dissolutions aqueuses des deux gaz, c'est-à-dire des mêmes circonstances qui avaient laissé le doute dans l'esprit de Davy, et malgré lesquelles cet habile observateur avait admis l'existence du protoxide de chlore.

L'expérience pouvait seule décider entre ces diverses opinions : ce sont les résultats de mes recherches sur ce sujet que je vais consigner dans ce chapitre.

On réussit très-bien à préparer le protoxide de chlore en se servant d'une pâte molle faite avec le chlorate de potasse pulvérisé, et l'acide hydrochlorique fumant étendu de son volume d'eau. On chauffe doucement le fond du vase en garantissant ses parties plus élevées de l'action du feu, afin d'éviter les explosions. Une petite plaque en tôle qui reçoit le fond du matras remplit toutes les conditions nécessaires.

Le protoxide de chlore, au sortir du petit matras où il se formait, était conduit à travers un double siphon dont chaque partie contenait une double colonne de mercure; c'était afin de séparer le chlore simplement mélangé. Le gaz obtenu paraissait encore très-chargé de

chlore, car il recouvrait les cloches d'un enduit épais d'apparence métallique; mais cet effet continuait à se produire, même après que le gaz avait été agité à plusieurs reprises avec du mercure. Je crus m'apercevoir qu'il était le résultat, non de la présence du chlore libre, mais de l'action même que le protoxide exerce sur le mercure à la température ordinaire; cette action a échappé à H. Davy, sans doute parce que le protoxide de chlore peut être conservé assez long-temps sur le mercure à la faveur de la croûte superficielle qui recouvre bientôt le métal, et le préserve d'une altération plus profonde. Si on transvase le protoxide de chlore dans de nouvelles cloches, on les voit à leur tour se couvrir d'un enduit métallique qui est un obstacle insurmontable aux recherches faites avec ce gaz sur le mercure. On peut rendre cette absorption manifeste par l'expérience suivante: On fait arriver le protoxide de chlore dans un petit flacon renversé, plein de mercure, en ayant le soin de ne pas chasser tout le métal. On bouche exactement le flacon et on l'agite en le tenant plongé dans un bassin d'eau. Celle-ci doit être très-froide et l'agitation doit être faite à des temps assez éloignés; faute de ces précautions, l'oxide détone, le chlore seul est absorbé et l'on a un résidu d'oxigène. En opérant avec le soin convenable, tout l'oxide de chlore disparaît et le flacon ouvert sur la cuve se remplit en entier de mercure. J'ai confirmé ce résultat par une autre expérience. J'ai traité par de l'eau aiguisée d'acide sulfurique la crasse que le gaz produit sur le mercure. La liqueur filtrée était sans action sur le nitrate acide d'argent; mais les réactifs y accusaient la présence du mercure.

J'ai analysé le protoxide de chlore par un procédé différent de celui de H. Davy et de M. Gay-Lussac ; je faisais pénétrer au fond d'un petit flacon un tube qui amenait l'oxide de chlore. Quand le flacon en était rempli, je retirais doucement le tube, et je bouchais exactement le flacon que j'exposais avec précaution à la flamme d'une lampe à esprit de vin ; la décomposition était annoncée par un éclat vif de lumière et la décoloration presque complète de gaz (1). Je ramenais le flacon à la température ordinaire en le plongeant dans le mercure ; alors j'entr'ouvrais un peu le bouchon pour établir une égalité de pression entre l'intérieur du flacon et l'air atmosphérique. Je procédais à l'analyse en ouvrant le flacon sur le mercure ou sur une dissolution alcaline pour faire absorber le chlore, et j'examinais la composition du résidu par le phosphore. La capacité du flacon étant connue, l'absorption par le mercure ou l'alcali faisait connaître le volume du chlore. L'analyse du résidu indiquait combien d'air était resté dans le flacon avec l'oxide de chlore, par conséquent sur quelle quantité de ce gaz on avait opéré, et enfin quel volume d'oxigène il s'était formé. Dans d'autres expériences, je faisais détoner le gaz dans le tube même qui l'amenait dans le flacon. J'obtenais alors immédiatement un mélange d'air, d'oxigène et de chlore. Voici les résultats que j'ai obtenus :

(1) Il faut laisser une assez forte proportion d'air dans le flacon ; l'oxide de chlore seul donnerait lieu à une détonation qui briserait presque infailliblement le vase, et rendrait l'expérience dangereuse.

Gaz obtenus.	1re. expérience.	2e. expér.	3e. expér.	4e. expér.
Oxigène.......	14,1	26,2	18,45	10
Chlore........	29,2	55	34	21,6
Air...........	11,4	17,5	46,55	24
	54,7	98,7	99	55,6
Capacité du flacon.	56	99,5	99,5	56

On pouvait se croire en droit, d'après ces résultats, de conclure que le chlore et l'oxigène sont unis dans l'euchlorine dans le rapport de 2 à 1, et leur accord avec ceux des expériences de Davy et de M. Gay-Lussac m'ont fait penser d'abord qu'ils étaient l'expression de la vérité. Cependant je conservais des doutes sur la pureté du gaz qui m'avait servi à les obtenir, et, comme il était peu praticable de lui faire traverser de nouvelles couches de mercure pour le dépouiller entièrement de chlore, j'eus recours à une nouvelle méthode de purification.

D'abord, j'ai fait arriver le protoxide de chlore dans l'eau, de manière à obtenir un liquide très-chargé de ce gaz, puis je l'ai chassé de sa dissolution par la chaleur, et après lui avoir fait traverser un tube plein de chlorure de calcium, j'ai analysé le gaz par la méthode que j'ai décrite plus haut; je m'étais assuré d'ailleurs que le gaz ne décomposait pas l'eau, et qu'il était chassé en entier. Je devais supposer, à raison de la grande différence de solubilité du chlore et de l'oxide de chlore, que le chlore se dissiperait en grande partie pendant la dissolution, qu'il n'en resterait que peu par rapport à l'euchlorine, et qu'il n'apporterait alors dans les résultats de l'analyse

qu'une différence assez légère pour être négligée sans inconvénient. J'ai obtenu :

Chlore......	11,38	18,50	10
Oxigène.....	9	17,08	7

Avant d'accorder pleine confiance à ces résultats, je fis une nouvelle tentative avec une dissolution qui avait été agitée avec du mercure doux très-divisé ; j'obtins :

Oxigène....	29,65
Chlore.....	16

Je présumai alors que la dissolution était d'abord un mélange de chlore et de deutoxide, dont le mercure doux avait opéré le départ : ayant entre les mains un procédé avantageux de purification, je modifiai l'opération de la manière suivante. Au sortir du matras où il se produisait, l'oxide de chlore, avant d'être recueilli, fut amené au fond d'un petit flacon de 4 centimètres de largeur et de 16 de profondeur. L'extrémité du tube était entourée d'un peu de verre pilé pour empêcher qu'elle ne s'obstruât, et le flacon était rempli entièrement par du mercure doux réduit en poudre impalpable par la vapeur d'eau. Je tenais ce flacon dans la glace pour que la chaleur qui se développait ne pût faire détoner le gaz. J'obtins alors un gaz formé, à des différences très-légères près, de 2 vol. d'oxigène et 1 vol. de chlore.

Oxigène.....	24,3	19,7	33
Chlore......	13,0	10	17,80

Je ferai observer, pour ceux qui voudront constater

ces résultats, que le dégagement de gaz doit être fait avec lenteur et régularité. Si le courant est rapide, une partie du chlore libre échappe à l'action du chlorure de mercure, et la composition du gaz est changée en apparence.

Pour tirer de ces expériences une conclusion rigoureuse, il me restait à examiner si la formation du deutoxide, dans les expériences précédentes, n'avait pas été déterminée par l'emploi d'un acide hydrochlorique trop faible. En conséquence je recommençai de nouveaux essais en augmentant de plus en plus la force de l'acide, et tant qu'il se produisit un gaz jaune, celui-ci fut du deutoxide de chlore.

Je conclus des expériences rapportées dans ce chapitre que l'acide hydrochlorique, en agissant sur le chlorate de potasse, forme du chlore ou des mélanges à proportions variables de chlore et de deutoxide de chlore; que c'est à tort que les chimistes ont admis qu'il se produisait dans cette circonstance un oxide formé de 2 volumes de chlore et 1 volume d'oxigène; que ce premier degré d'oxidation, dont la théorie chimique fait présumer l'existence, est encore à découvrir.

De l'acide chloreux et de ses combinaisons.

La liqueur que l'on obtient en traitant une dissolution faible des oxides alcalins par le chlore, est considérée le plus généralement comme une combinaison du chlore avec l'oxide. C'est en effet la première idée qui a dû se présenter aux chimistes, quand ils ont retrouvé dans ce composé la propriété décolorante qu'ils avaient observée

dans le chlore isolé. L'existence des chlorures d'oxides se trouva d'ailleurs en harmonie avec les faits observés, et ceux-ci furent tout expliqués par une théorie facile.

Le chlore, engagé dans une combinaison peu stable, s'en séparait facilement sous l'influence d'une multitude de circonstances, qui toutes avaient pour dernier résultat la production d'un nouveau corps, dans lesquelles des affinités chimiques étaient mieux neutralisées; les acides versés dans ces solutions en dégageaient du chlore en s'unissant à l'oxide alcalin; et enfin Welter examinant la puissance de décoloration du chlore la trouva constante, soit que ce gaz agît à l'état de liberté ou qu'il fût engagé dans une combinaison avec un oxide. On se demanda cependant comment le chlore était, parmi tous les corps simples, le seul qui pût contracter une union chimique avec les corps oxigénés? Mais la découverte incontestable de la combinaison de ce gaz avec l'eau détruisit la seule objection qui eût été faite contre l'existence des chlorures d'oxides.

Cependant le nombre des composés chimiques connus se multiplia avec rapidité, et de leur comparaison découla cette belle et féconde théorie de la combinaison en proportions définies, qui est aujourd'hui la base la plus solide sur laquelle la science puisse s'appuyer. Elle conduisit à embrasser tous les phénomènes chimiques par cette loi générale. Le nombre des composés chimiques que les corps peuvent former est le même pour tous; de telle sorte qu'une série de combinaisons étant donnée, cette série reste la même quels que soient les corps auxquels on veuille l'appliquer.

En faisant l'application de cette manière de voir aux

divers composés oxigénés du chlore, on s'aperçut que plusieurs degrés intermédiaires avaient leur place vacante dans la série théorique, et l'on fût bientôt porté à croire que les composés que l'on avait considérés comme des chlorures d'oxides étaient des mélanges d'un chlorure métallique avec un sel résultant de l'union de la base oxigénée et d'un acide encore inconnu du chlore. On appuya surtout cette hypothèse de la valeur même de l'idée théorique sur laquelle elle était fondée, et du peu de probabilité que le chlore ne subît pas de changement par les bases alcalines, lorsque dans des circonstances pareilles tous les autres corps négatifs donnent naissance à des acides oxigénés.

Cependant toutes les expériences s'expliquaient également dans l'une et l'autre supposition, quand M. Berzélius publia un Mémoire à ce sujet, dans lequel se trouve rappelée une de ses anciennes expériences qui semblait oubliée des chimistes et qui est peut-être le seul fait connu jusqu'à ce jour, qui ne puisse être expliqué dans l'hypothèse de la combinaison directe du chlore avec les oxides.

M. Berzélius fait dissoudre du chlorure de potassium jusqu'à saturation dans une dissolution de carbonate de potasse, et y fait passer un courant de chlore; il obtient une liqueur décolorante, et il se précipite du chlorure de potassium. J'ai répété l'épreuve avec la soude et elle a donné le même résultat. L'oxide alcalin a donc été désoxigéné, et il s'est fait nécessairement un nouveau composé oxigéné dans la liqueur.

La seule objection que l'on pourrait faire serait que le chlorure d'oxide aurait affaibli la puissance de dissolu-

tion du liquide pour le chlorure de potassium; et, quelque peu probable que puisse paraître cette explication, il appartenait à l'expérience de décider jusqu'à quel point elle était fondée.

Cependant M. Liebig, étudiant l'action du chlore sur quelques composés, fut amené à examiner la théorie des chlorures d'oxides, et il appuya l'existence des chlorites de quelques nouvelles expériences. La plus remarquable, et la seule peut-être à laquelle on ne puisse appliquer la théorie ancienne, c'est le déplacement de l'acide acétique de l'acétate de potasse par le chlore, d'où résulte un liquide qui a la propriété décolorante à un haut degré.

Je vais exposer les tentatives que j'ai faites pour éclairer cette importante question. On ne devra pas s'attendre à rencontrer ici cet enchaînement des expériences les unes par les autres, qui est une conséquence ordinaire de l'étude philosophique de quelque point de la science. Dans un sujet aussi hérissé de difficultés, j'ai fait une multitude d'essais sans résultats. Je ne présente ici que ceux qui m'ont fourni quelques lumières, et si ils laissent encore à désirer, les chimistes qui ont médité sur les difficultés de ce sujet me tiendront compte, je l'espère, des obstacles que j'ai rencontrés à chaque pas.

Phénomènes d'oxidation des corps simples par les chlorures d'oxides.

La plupart des phénomènes d'oxigénation que produisent les chlorures d'oxides s'expliquent également par des hypothèses différentes. En admettant que le chlore soit combiné à l'oxide, l'oxigène qui se porte sur les

corps peut provenir de l'oxide ou de l'eau. Dans la première supposition il se ferait un chlorure métallique et un corps oxigéné; dans la seconde, ce serait l'oxigène de l'eau qui produirait l'oxidation, et il se ferait un hydrochlorate. Enfin si on regarde la liqueur oxidante comme un mélange d'un chlorure métallique et d'un chlorite, l'oxigénation est produite par l'oxigène de l'acide chloreux et souvent aussi par celui de la base alcaline.

Un assez grand nombre de ces phénomènes d'oxidation sont connus des chimistes, et s'expliquent également dans les deux hypothèses. M. Liebig a annoncé que l'action de l'iode est plus favorable à la théorie des chlorites. Il a reconnu qu'il se fait de l'iodate de chaux, et qu'il se dégage du chlore. Si le phénomène n'est pas complexe, l'observation de M. Liebig est rigoureuse; mais il est possible que le dégagement du chlore ne soit qu'un effet secondaire, et qu'il résulte de la décomposition directe d'une partie du chlorure de chaux par l'acide qui s'est d'abord formé. J'ai reconnu que le même genre de décomposition se produit avec le phosphore, le soufre, l'arsenic (1). Il se fait du phosphate, du sulfate ou de l'arseniate de chaux et il se dégage du chlore qui disparaît à son tour si la matière décomposante est en excès.

---

(1) Quand on plonge dans le chlorure de chaux l'arsenic noirci au contact de l'air, il reprend presque aussitôt un éclat très-vif. On peut facilement, par ce moyen, se procurer en quelques instans des masses brillantes d'arsenic.

Espérant trouver plus de lumières dans l'oxidation des corps moins négatifs, j'ai exposé quelques métaux à l'action du chlorure de chaux. Avec l'argent, même très-divisé, l'action est fort lente, il faut plusieurs jours pour qu'elle soit achevée. On trouve au fond du vase un précipité qui est formé en grande partie de chlorure d'argent, il contient à peine quelques parcelles d'oxide; le reste est de la chaux. L'explication est naturelle si c'est un chlorure d'oxide qui a agi sur l'argent; celui-ci s'est emparé du chlore et la chaux s'est précipitée; mais le phénomène n'est pas défavorable à la théorie des chlorites. Si, en effet, on met de l'oxide d'argent en contact avec du chlorure de calcium, il blanchit instantanément, et au bout de quelques heures on trouve un précipité abondant formé de chlorure d'argent et de chaux.

En agitant une dissolution de chlorure de chaux avec du mercure, celui-ci est attaqué; il se fait une poudre grise et l'odeur du chlorure d'oxide disparaît complètement. La liqueur ne contient plus que du chlorure métallique neutre, et la poudre grise bien lavée et dissoute dans l'acide nitrique pur ne précipite pas le nitrate d'argent.

Si on fait la même expérience avec du fer, celui-ci se transforme presque instantanément en une poudre rouge. L'odeur disparaît, la liqueur retient à peine quelques traces de fer, tandis que le précipité n'est lui-même que de l'oxide de fer sans chlore. Il est hors de doute que, dans ces phénomènes d'oxidation, celle-ci a été directe, qu'on la considère d'ailleurs comme le résultat de la décomposition de l'acide chloreux, de l'eau ou de l'oxide métallique. Bien évidemment le chlore ne s'est pas porté

directement sur le métal, sans quoi le chlorure qui en serait résulté, décomposé par une quantité d'oxide, égale à celle qu'il faudrait pour saturer tout le chlore, aurait laissé pour produit de l'oxido-chlorure et non pas de l'oxide à l'état de pureté.

L'étain, le zinc, l'antimoine, le cuivre, laissent précipiter dans les mêmes circonstances des oxido-chlorures et de la chaux; l'étain et le cuivre donnent en outre de l'oxigène; mais le dégagement est si peu abondant quand on opère avec l'étain, que je n'eusse pas hésité à l'attribuer à la décomposition spontanée du chlorite, si le même phénomène ne s'était pas montré parfaitement tranché en opérant avec le cuivre. Cette action décomposante du cuivre mérite d'être rapportée avec quelques détails : ce métal ne décompose les chlorures d'oxides qu'avec une extrême lenteur. Une lame de cuivre étant plongée dans une dissolution de chlorure de chaux, il se fait peu à peu à sa surface une couche bleue d'oxido-chlorure. En même temps qu'elle se produit, on voit de petites bulles d'oxigène se dégager. L'action marche avec lenteur, et pour hâter la production du gaz, j'ai eu recours au cuivre très-divisé qui a rendu l'expérience moins longue, mais qui en a modifié les résultats, en faisant passer au vert le précipité. Le dégagement d'oxigène qui se produit dans ces circonstances est un fait remarquable que j'ai cru d'abord pouvoir attribuer à la décomposition spontanée du chlorite, mais j'ai reconnu qu'il appartient aux circonstances mêmes de l'expérience. En observant comparativement du chlorure d'oxide isolé, celui-ci n'a pas fourni une quantité notable de gaz oxi-

gène dans l'espace de temps nécessaire à la réaction du cuivre.

En faisant un moment abstraction du dégagement d'oxigène, les phénomènes s'expliquent facilement : ou le cuivre s'est emparé du chlore et le chlorure de cuivre a été décomposé par la chaux en oxido-chlorure, ou le cuivre a été oxidé par l'acide chloreux et il s'est établi un échange incomplet entre les élémens de l'oxide de cuivre et ceux du chlorure de calcium, par une réaction analogue à celle que j'ai observée avec l'argent. Cependant la production d'oxigène me paraît tout-à-fait inexplicable dans la théorie des chlorures d'oxides, et, dans celle des chlorites, elle ne peut s'expliquer qu'en admettant que le cuivre se combine au chlore de préférence à l'oxigène. Sans doute l'action se complique de la combinaison des deux élémens de l'acide chloreux avec le métal, le chlore étant absorbé en entier et une partie de l'oxigène reprenant l'état de fluide aériforme. Ces résultats me paraissent de nature à ébranler la conviction des chimistes qui admettent la combinaison directe des oxides avec le chlore.

De la puissance de décoloration du chlore et des chlorures d'oxide.

La décoloration des matières organiques par les chlorures d'oxide est nécessairement un phénomène du même ordre que l'oxidation des métaux. Quand le chlore agit sur une matière organique colorée, on pense qu'il lui enlève de l'hydrogène et se change en acide hydrochlorique : telle est l'hypothèse fort simple que l'on trouve

consignée dans les ouvrages de chimie ; mais on explique aussi la formation de cet acide en supposant que c'est l'eau qui a été décomposée, et que tandis que son hydrogène s'est uni au chlore, son oxigène a agi sur la matière colorée ; mais le peu d'expériences positives que nous possédons à ce sujet ne nous permettent pas de choisir entre ces deux hypothèses, ni même de regarder aucune d'elles comme suffisamment satisfaisante. Dans la théorie des chlorures d'oxides, on peut également expliquer le blanchiment par l'action directe du chlore sur la matière végétale ou par celle de l'oxigène. Celui-ci pourrait provenir de la décomposition de l'eau, et il se ferait un hydrochlorate ; ou bien il pourrait être fourni par l'oxide alcalin, et il se ferait un chlorure métallique. Ces deux dernières suppositions trouvent quelque crédit dans la similitude des effets de décoloration produits par le chlore et par la rosée. Le chlore ne serait plus alors, à proprement parler, le principe blanchissant, mais bien seulement un moyen propre à former de l'oxigène auquel appartiendrait réellement la propriété décolorante. Il n'est pas besoin d'ajouter que l'oxigénation de la matière végétale peut seule expliquer les phénomènes, si la liqueur décolorante contient de l'acide chloreux.

Welter s'est assuré qu'en faisant absorber à une dissolution alcaline un certain volume de chlore, la liqueur qui se produit a une propriété blanchissante égale à celle du chlore qui a été absorbé. L'expérience de Welter est vraie, mais seulement dans la circonstance où cet ingénieux chimiste a opéré. Welter a essayé ses liqueurs par la dissolution sulfurique d'indigo, mais celle-ci régénère du chlore, et les résultats sont et doivent être en

effet les mêmes que si l'on s'était servi du chlore avant sa réaction sur l'alcali. Il fallait donc, pour résoudre la question, avoir recours à une matière colorée qui pût exercer son action sans mettre préalablement le chlore en liberté. Je me suis servi successivement de plusieurs dissolutions végétales colorées, obtenues sans acide; j'ai fait absorber un même volume de chlore, d'une part à un volume d'eau, d'autre part à un volume pareil d'une dissolution faible de carbonate de soude; j'ai examiné alors comparativement la force chlorométrique des deux liqueurs. Quand je me suis servi du sulfate d'indigo, elles se sont trouvées d'égale énergie, mais avec les substances colorées non acides la liqueur alcaline a toujours été moins puissante.

Une autre expérience vient confirmer ce résultat. Si, après avoir reconnu la force chlorométrique d'un chlorure d'oxide, on y ajoute un acide et qu'on l'essaie de nouveau, on trouve que sa puissance décolorante s'est accrue dans une grande proportion. En me servant d'une encre non acide étendue de partie égale d'eau, j'ai trouvé que la force décolorante du chlorure étant représentée par 1, celle du chlore l'était par 1,62. On arrive au même résultat, soit qu'on acidule légèrement l'encre avant d'y mêler le chlorure de soude, soit que l'on mette le chlore en liberté en acidulant le chlorure lui-même; toutefois alors le rapport est un peu plus faible, parce qu'on ne peut éviter entièrement qu'il se perde du chlore. Il est bon d'observer que lorsqu'un chlorure d'oxide a épuisé son action sur une matière colorante, l'addition d'un acide ne peut plus rien ajouter à ses effets.

J'ai trouvé un rapport de 1 à 1,66, quand je me suis

servi d'une infusion des pétales du coquelicot (*papaver rhœas*); il semblerait alors que le rapport est constant; mais ce résultat ne saurait être démontré rigoureusement, parce que l'expérience n'est pas susceptible de recevoir une grande précision, et que, fût-il vrai pour les deux liqueurs que j'ai soumises à cette épreuve, il est fort probable qu'il ne resterait pas le même pour d'autres.

De ces résultats, il découle naturellement cette conséquence que la décoloration par le chlore isolé et par les chlorites ne résulte pas d'une action pareille sur la matière organique. Le chlore isolé enleverait-il directement l'hydrogène à la matière végétale, tandis que le chlore combiné agirait sur cette substance par oxigénation? C'est ce qui ne peut être éclairci que par l'étude comparative du blanchiment par ces deux agens. Ce que je dois me contenter d'établir maintenant, c'est que la destruction des matières colorantes par le chlore est un phénomène différent de la destruction des mêmes substances par les chlorures d'oxides. Si ces derniers sont réellement des agens d'oxigénation, nous ne savons rien encore qui puisse décider si l'oxigène provient d'un chlorure d'oxide ou d'un chlorite.

Je ne quitterai pas ce sujet sans appeler l'attention sur deux observations qui ne sont pas sans intérêt pour les arts : la première, c'est que le degré chlorométrique des chlorures, tel qu'il est déterminé, n'est pas l'expression exacte de leur puissance de décoloration, mais qu'il exprime seulement celle du chlore qui a servi à les former; la deuxième, c'est que la présence d'un acide rend toujours plus prononcés les effets du blanchiment

par les chlorures d'oxides ; on pourra s'expliquer ainsi quelques phénomènes observés dans les fabriques de toiles peintes.

Action du chlorure de chaux sur l'alcool.

Quand on fait passer du chlore à travers l'alcool, il se fait de l'acide hydrochlorique, un peu d'acide carbonique, une petite quantité d'une matière riche en charbon, et un liquide éthéré particulier, qui serait formé, suivant l'analyse de M. Despretz, de 1 atome chlore et 2 atomes d'hydrogène percarboné.

Dans la supposition où les composés, appelés *chlorures d'oxides*, seraient réellement une combinaison du chlore avec une base oxigénée, on devrait obtenir les mêmes produits en les mettant en contact avec l'alcool ; seulement les acides seraient saturés à mesure de leur formation.

Pour m'en assurer, j'ai mélangé une dissolution de chlorure de chaux très-concentrée avec de l'alcool ; le mélange s'est échauffé, et une odeur de chlore s'est fait sentir ; en portant à l'ébullition, il s'est formé une abondante quantité de précipité blanc, et il a passé un liquide d'une odeur très suave et d'une saveur sucrée.

La matière restée dans la cornue était alcaline, et le précipité faisait effervescence avec les acides. C'était du carbonate de chaux mêlé d'un peu de chaux caustique. Quelques circonstances m'avaient donné l'idée qu'il avait pu se faire de l'acide acétique ; mais je n'en ai pas trouvé. Il ne se dégagea pas d'ailleurs la moindre quantité d'acide carbonique pendant la réaction.

Le produit distillé a été rectifié, par une nouvelle distillation, à une chaleur très-modérée. Il est resté dans la cornue de l'alcool faible; il est passé un liquide d'une odeur plus pénétrante éthérée. Je vais décrire de suite le moyen de se le procurer en quantité assez notable et à l'état de pureté.

Dans une cornue contenant au moins 3 à 4 litres, on introduit un mélange de 1 partie d'alcool à 33, et de 30 à 32 parties de chlorure de chaux liquide très-concentré (1 k. chlorure solide, 5 k. eau). On place cette cornue sur une grille, dans le laboratoire d'un fourneau à réverbère, et l'on y adapte un récipient que l'on tient refroidi pendant tout le temps que dure l'opération. On met alors du feu sous la cornue, et on le retire dès que le liquide commence à entrer en ébullition. La distillation continue d'elle-même, sans le secours d'une chaleur étrangère; elle est terminée quand il ne passe plus de liqueur éthérée.

On trouve dans le récipient deux couches distinctes: l'une, plus pesante, est le nouvel éther, l'autre, plus légère, est une solution de ce corps dans de l'alcool affaibli. On agite le tout avec du mercure, pour absorber un peu de chlore libre; on l'introduit dans une cornue, on rince le récipient avec de l'eau que l'on ajoute à la première liqueur, et on distille de nouveau au bain-marie. On obtient ainsi l'éther, surnagé par une liqueur faiblement alcoolique et éthérée, que l'on réserve pour une nouvelle rectification.

La nouvelle liqueur éthérée ainsi obtenue n'est pas pure. On lui enlève l'alcool qu'elle contient, en l'agitant à plusieurs reprises avec de l'eau; et enfin on en sépare

l'eau en la laissant dans une cornue, en contact pendant quelques heures avec une grande quantité de muriate de chaux sec, et en distillant à une température qui excède à peine soixante-dix degrés.

Il est bon d'observer que le chlorure de chaux qui sert à la fabrication de cet éther doit être limpide, ou du moins qu'il ne doit contenir que peu de chaux en suspension, sans quoi la matière se boursouffle beaucoup. J'avais tenté, pour éviter l'emploi d'aussi grandes masses de liquide, de me servir d'une bouillie de chlorure de chaux, mais il devint alors presque impossible de conduire la distillation.

J'ai obtenu le même corps en faisant passer le chlore à travers une dissolution alcoolique de potasse; mais il s'est fait un magma de chlorure de potassium qui a obligé d'interrompre l'opération avant qu'il se fût formé beaucoup d'éther. J'ai vu cette liqueur contenant un excès d'alcali, prendre une odeur analogue à celle de cumin, phénomène dont j'ai trouvé plus tard l'explication naturelle dans l'action décomposante que la potasse exerce sur le nouveau produit éthéré.

Cette nouvelle liqueur éthérée est un composé différent de tous ceux qui ont été observés jusqu'ici par les chimistes. Ses élémens sont le chlore, l'hydrogène et le carbone.

Les phénomènes qu'elle manifeste quand on la soumet seule à l'action du feu, rendent de toute évidence qu'elle ne contient pas d'oxigène. J'ai fait passer cet éther en vapeur à travers un tube de porcelaine rempli de petits fragmens de porcelaine, et chauffé au rouge. Il s'est déposé beaucoup de charbon, il ne s'est pas fait d'eau, et

il s'est produit un gaz formé presque entièrement d'acide hydrochlorique. Il s'y trouvait en outre une très-petite quantité de chlore, et un gaz inflammable. Le chlore a été absorbé par le mercure, et l'acide hydrochlorique par l'eau. J'ai desséché parfaitement la petite quantité de résidu qui me restait, et je l'ai chauffée avec du potassium; c'est à peine s'il s'est déposé une trace de charbon. Cette expérience met hors de doute que le nouvel éther ne contient pas d'oxigène. Je dois ajouter que dans le gaz analysé, je n'ai pas trouvé d'acide carbonique, ainsi qu'on pouvait le prévoir d'après les circonstances de sa formation; mais j'ai voulu m'en assurer pour ne conserver aucun doute sur un fait aussi important.

Je dois annoncer que pour que cette expérience réussisse bien, le tube doit être fortement chauffé, et les fragmens de porcelaine doivent former une poudre assez poreuse pour ne pas s'opposer au passage de la vapeur et des gaz, mais cependant assez fine pour retarder leur marche; sans cette précaution, on obtient beaucoup plus de chlore libre, et on trouve dans le tube une certaine quantité d'une matière qui tache le papier à la manière des huiles.

La décomposition au moyen de l'oxide de cuivre m'a réussi pour déterminer le rapport des élémens, chlore, carbone et hydrogène. Cependant, à raison sans doute de la forte proportion de chlore qu'elle contient, cette matière est des plus difficiles à brûler. Ce n'est qu'après beaucoup d'essais infructueux que je suis arrivé à une combustion complète de l'hydrogène et du charbon. L'appareil dont je me suis servi est celui de MM. Gay-Lussac et Liebig. L'éther était enfermé dans une ampoule de

verre à ouverture fort petite. Elle était placée au fond du tube et entourée d'un mélange d'oxide de cuivre et de tournure de cuivre rôtie qui avaient été chauffés au rouge et qui s'étaient refroidis à l'abri de l'air; le tube était rempli avec un semblable mélange. J'ai emprunté à M. Dumas l'idée de me servir de la tournure de cuivre oxidée, qui m'a très-bien réussi, et je me plais à dire que c'est à son obligeante amitié que je dois d'avoir pu donner à cette analyse toute sa perfection ; car, dans toutes les expériences que j'avais faites dans des tubes de verre du commerce, une partie de l'éther avait échappé à la combustion. M. Dumas m'ayant donné des tubes de verre vert peu fusible, j'ai pu, en élevant davantage la température, transformer tout l'hydrogène et le carbone en eau et en acide carbonique. Voici de quelle manière j'opérais. Je plaçais sur une grille longue une couche de charbon concassé, de 2 pouces d'épaisseur; sur ce charbon, je mettais un grillage en fil-de-fer sur lequel posait le tube enveloppé d'une feuille de cuivre. Quand l'appareil était disposé, j'entourais le tube de charbon allumé à la manière ordinaire, et dans la partie la plus éloignée de l'ampoule; et c'est seulement quand la couche inférieure du charbon était allumée et que le tube était bien rouge, que je volatilisais l'éther; je l'échauffais avec précaution, de manière à ce que le passage de la vapeur fût lent et régulier. Quand il ne se formait plus de gaz, je portais le feu dans toute la longueur du tube pour détruire les petites portions de vapeurs qui s'y trouvaient. Voici les résultats de ces dernières expériences.

1re EXPÉRIENCE.

Ether, 0,280 grammes.

Acide carbonique
à zéro et $0^m,76$.
0,071 lit. = 0,1405 grammes = carbone 0,0388 grammes = 5,06 vol.
Eau
0,054 gr. hydrogène 0,0060 grammes = 9,61
chlore 0,2352 grammes = 10,62

0,2800

2e EXPÉRIENCE.

Éther, 0,293 grammes.

Acide carbonique.
0,073 lit. = 0,1444 grammes = carbone 0,0400 grammes = 5,22 vol.
Eau.
0,060 gr. hydrogène 0,0066 grammes = 10,57
chlore 0,2464 grammes = 11,13

0,2930

Dans ces expériences, le chlore est obtenu par soustraction, et sa quantité, quoique un peu trop forte, paraît avoir été reconnue d'une manière assez satisfaisante. J'ai employé un autre mode d'expérimentation plus direct pour la déterminer. J'ai pesé de la liqueur éthérée dans une petite ampoule; j'ai introduit celle-ci dans un tube étroit que j'ai rempli de fragmens de chaux vive, et j'ai fait passer l'éther en vapeur sur l'oxide chauffé au rouge. Après l'opération, j'ai dissout toute la matière contenue

dans le tube, avec de l'acide nitrique pur, et j'ai précipité par le nitrate d'argent.

0,744 gr. éther ont donné chlorure d'argent	2,5	— chlore	0,617 p. %	82,93
0,872	2,934	—	0,723	83.

Si ces résultats analytiques avaient besoin d'une confirmation, on la trouverait dans les phénomènes de la décomposition de l'éther par le feu, puisque les gaz ne contiennent pas d'oxigène, et que leur presque totalité est de l'acide hydrochlorique.

La liqueur éthérée que j'ai examinée est donc formée de

1 atome carbone...........	14,39
2 atomes hydrogène........	2,35
2 atomes chlore...........	83,26
	100,00

L'hydrogène combiné au chlore formerait de l'acide hydrochlorique; uni au carbone, il constituerait l'hydrogène percarboné. On peut se représenter ce composé comme une combinaison de chlore et d'hydrogène percarboné; ce serait un bichlorure d'hydrogène percarboné ou bichlorure de carbure dihydrique. Il contient deux fois plus de chlore que la liqueur des Hollandais, et quatre fois plus que le composé qui se forme par l'action directe du chlore sur l'alcool. On pourrait provisoirement l'appeler éther bichlorique.

La connaissance acquise de la composition du nouvel éther va nous permettre de pénétrer les phénomènes chimiques de sa formation. Ceux-ci s'expliquent en admettant que la liqueur de chaux est un chlorure d'oxide,

ou en supposant qu'elle est un mélange de chlorure métallique et de chlorite.

Dans la première hypothèse, la réaction s'établit entre 4 atomes de chlorure d'oxide, et 2 atomes d'alcool. Il en résulte,

1 atome d'éther,
1 atome de carbonate de chaux,
3 atomes de chlorure de calcium.

C'est un phénomène d'oxidation par le chlorure d'oxide, mais un quart de la chaux échappe à cette décomposition. Elle est saturée par l'acide carbonique qui se forme, en même temps que le chlore correspondant devient partie constituante de l'éther. Ce qu'il est bon de constater d'abord, c'est qu'évidemment dans cette réaction il y a oxidation des élémens de l'alcool, et non pas déshydrogénation par le chlore. Les phénomènes seraient tout-à-fait inexplicables dans cette supposition, puisque le chlore exigerait tout l'hydrogène de l'alcool pour se changer en acide hydrochlorique; tandis qu'en réalité, une partie de cet hydrogène se retrouve dans l'éther. Faisons observer, en outre, que si le chlore était véritablement le principe qui décomposât l'alcool, les mêmes produits devraient se montrer qui résultent de l'action directe du chlore, sauf que les acides seraient saturés par la chaux ; en outre, pourquoi l'oxigène du quatrième atome de chlorure de chaux ne servirait-il pas également à brûler les élémens combustibles de l'alcool, quand cette action se trouverait favorisée par la tendance énergique du chlore à se combiner au calcium? En d'autres termes, pourquoi tout le chlorure d'oxide n'est-

il pas changé en chlorure métallique? Bien que la théorie ne se refuse pas à expliquer dans cette hypothèse les faits que l'expérience a fait connaître, cependant cette théorie est bien plus satisfaisante en considérant la liqueur blanchissante calcique comme un mélange d'un atome de chlorite de chaux avec trois atomes de chlorure de calcium. Celui-ci ne participe en rien aux phénomènes, et les élémens de l'acide chloreux concourent seuls avec l'alcool à la formation des nouveaux produits. Les trois atomes d'oxigène de l'acide, et celui de l'alcool, se saturent d'hydrogène et de carbone, et les élémens restans sont précisément dans le rapport où l'expérience les a fait connaître dans l'éther. La chaux du chloride n'est pas désoxidée; elle se combine à l'acide carbonique à mesure qu'il est produit, et le chlore constitue l'éther avec ce qui reste du carbone et de l'hydrogène de l'alcool.

J'ai annoncé qu'il se dégageait toujours un peu de chlore pendant la fabrication du nouvel éther. Son apparition est due à ce que l'acide carbonique décompose une partie de la liqueur à la manière ordinaire, en donnant du chlore et du carbonate de chaux.

L'éther bichlorique est un liquide éthéré très-limpide. Il est incolore; son odeur est pénétrante et très-suave; sa saveur est très-chaude et en même temps sucrée; quand on le respire, les vapeurs qui pénètrent dans l'arrière-bouche développent une sensation sucrée très-prononcée. On pourrait presque dire qu'il a une odeur sucrée. Sa densité est plus grande que celle de l'eau. Il entre en ébullition à 70°.

On ne peut le brûler seul au contact de l'air. Si on

l'emploie à la construction d'une lampe, la mèche de coton ne s'allume que lorsque toute la liqueur éthérée a été évaporée. Cependant, en dirigeant un jet de sa vapeur dans la flamme d'une lampe à esprit-de-vin, il brûle en répandant beaucoup de fumée. On peut aussi l'enflammer quand il a été mêlé avec un volume d'alcool égal au sien. Il répand alors une fumée noire et épaisse, d'odeur piquante, et la suie qui se dépose, lavée avec de l'eau, est acide et précipite abondamment par le nitrate d'argent. Un papier de tournesol, humecté avec cet alcool éthéré, reste rouge dans les points où la combustion a eu lieu.

L'eau en dissout fort peu et prend une saveur sucrée; l'alcool s'y mêle en toutes proportions. Si l'alcool n'est pas très-concentré, et si l'éther y est mis dans les proportions convenables, on obtient une liqueur sucrée et aromatique fort agréable.

L'iode se dissout dans le nouvel éther, et ne paraît pas l'altérer.

Le potassium le décompose à la température ordinaire; l'action est fort lente; il se dégage de l'hydrogène qui contient du charbon.

La baryte et la chaux le décomposent à chaud. Au moment de la réaction, elles deviennent incandescentes. Il se fait un chlorure métallique; il se dépose du charbon, et il se dégage de la vapeur d'eau et un gaz inflammable.

La décomposition par l'hydrate de potasse est encore plus facile; les produits sont les mêmes.

En mettant en contact à la température ordinaire une dissolution concentrée de potasse caustique et de l'éther.

la décomposition est lente. Il se fait du chlorure de potassium. On peut la rendre instantanée en mélangeant l'éther avec un volume égal au sien d'alcool, et en chauffant légèrement. L'action est vive. Il se fait en même temps que le chlorure de potassium, une matière huileuse qui se sépare si on étend d'eau. Sa couleur est jaune, et son odeur aromatique a quelque rapport avec celle du cumin. Cette matière est volatile. Je ne l'ai pas encore soumise à un examen attentif.

L'acide sulfurique paraît être sans action sur l'éther bichlorique; en chauffant celui-ci avec de l'acide nitrique fort, c'est à peine s'il se manifeste quelques vapeurs d'acide nitreux. L'acide hydrochlorique ne l'altère pas, même à chaud. Le nitrate d'argent ne paraît pas le décomposer. Au moins un mélange d'alcool, d'éther et de nitrate d'argent n'avait pas encore, au bout d'un mois, déposé de chlorure d'argent.

Du chlorite d'ammoniaque.

Quand on verse dans une solution de chlorure de chaux du carbonate d'ammoniaque auquel on a ajouté assez d'ammoniaque caustique pour que la décomposition se fasse sans effervescence, on obtient, d'une part, du carbonate de chaux, et d'autre part une liqueur décolorante; la décomposition étant faite avec précaution, de manière à laisser seulement un très-faible excès de chlorure, la liqueur a une odeur vive, et les acides en dégagent du chlore.

Quand elle est assez étendue, elle se conserve bien; mais quand elle a été obtenue avec du chlorure de chaux

fort, à peine est-elle formée, qu'elle commence à dégager lentement des bulles de gaz à la température ordinaire. Si on chauffe, l'effervescence devient très-vive, et quand celle-ci a cessé, le liquide ne conserve plus aucune des propriétés particulières aux chlorures d'oxides.

J'ai examiné le gaz qui se produit pendant cette décomposition. C'est de l'azote, et la liqueur qui cesse d'en produire est acide.

J'ai répété ces expériences en me servant de l'oxalate neutre ou de phosphate neutre d'ammoniaque, et les résultats ont été semblables.

Avant de poursuivre l'examen de ces réactions, j'établis nécessairement que le chlore, en se séparant de la chaux, a contracté avec l'ammoniaque une combinaison de même genre; or, comme les dissolutions les plus faibles d'ammoniaque et de chlore se décomposent instantanément en hydrochlorate d'ammoniaque et en gaz azote, je tire de là cette conséquence, que le chlore n'était pas combiné à la chaux, mais qu'il formait un acide particulier qui est resté uni à l'ammoniaque après la double décomposition.

J'ai dit que la dissolution de chlorite d'ammoniaque se décompose en gaz azote et en une liqueur acide : les produits sont de l'azote, de l'acide hydrochlorique et de l'hydrochlorate d'ammoniaque.

Si le chlorite d'ammoniaque est $2\,Az\,H^3 + \ddot{\underline{Cl}}$, la réaction s'établit entre :

$$\left.\begin{array}{lll} 2 \text{ chlore} & + & 3 \text{ ox.} \\ 2 \text{ az.} & + & 6 \text{ hyd.} \end{array}\right\} = \text{chlorite.}$$

Au milieu d'une liqueur contenant :

6 chlore + 6 hyd. } = hydrochlorate.
6 az. + 18 hyd. }

Les produits sont :

3 ox. + 6 hyd. = eau.
2 chlore.
2 azote.

Les deux vol. de chlore décomposent une partie de l'hydrochlorate d'ammoniaque, et donnent deux tiers vol. d'azote, et de l'acide hydrochlorique libre.

Mais ces calculs ne trouvent réellement leur application qu'autant que le chlorite d'ammoniaque se change en azote, en eau, et en acide hydrochlorique. C'est à l'expérience à prononcer. On pouvait supposer, avec quelque apparence de raison, que le chlorite d'ammoniaque, en se décomposant, pouvait présenter des phénomènes analogues à ceux des autres chlorites qui, entre autres produits, forment des chlorates.

Après avoir soumis à l'action de la chaleur une dissolution de chlorite d'ammoniaque, et avoir reconnu la formation d'azote et l'acidité de la liqueur, si on décompose la liqueur bouillante par un petit excès de potasse pour changer les sels ammoniacaux en sels potassiques, et que l'on fasse cristalliser, les premiers cristaux devraient contenir du chlorate de potasse, si le chlorite de potasse en avait formé en se décomposant; or, si on opère avec du chlorure de chaux bien pur, fait par la voie humide avec les précautions convenables, cette

première cristallisation ne fournit que du chlorure de potassium.

Ce résultat est confirmé par une autre expérience. On met à évaporer dans le vide sec une dissolution de chlorite d'ammoniaque obtenue par double décomposition. Quand la matière a été séchée, elle n'a plus l'odeur propre aux chlorites. L'acide sulfurique concentré en dégage à peine quelques traces de gaz jaune et beaucoup de gaz hydrochlorique. Elle fournit à la distillation une quantité extrêmement minime de gaz azote. Celui-ci conserve une odeur piquante, qu'il perd par le lavage sans que son volume soit sensiblement diminué.

De cette expérience, il faut conclure que le chlorite d'ammoniaque s'est détruit ou volatilisé pendant l'évaporation dans le vide; que cependant il en est resté quelques traces qui ont produit les derniers phénomènes de l'expérience; l'azote provenant de la décomposition du chlorite par le feu, et l'odeur du gaz étant, sans aucun doute, causée par une petite quantité de ce sel qui s'est vaporisé sans éprouver de décomposition.

La décomposition qu'éprouve le chlorite d'ammoniaque spontanément ou sous l'influence de la chaleur, m'avait suggéré l'idée de la faire servir à reconnaître la force décolorante du chlorure de chaux. Pour 8 volumes de chlore qui seraient mis en liberté si le chlorite était décomposé par un acide, on obtiendrait 2,66 vol. d'azote. Chaque volume d'azote représente donc 3 vol. de chlore, et par conséquent 30 d. chlorométriques. J'ai fait quelques essais en employant l'ammoniaque caustique, les sels ammoniacaux neutres, ou l'action successive des acides et de l'ammoniaque. Ces recherches, dans

des mains habiles, pourraient peut-être acquérir une précision suffisante; mais en réfléchissant à toutes leurs difficultés, et surtout à l'écart considérable qu'une erreur même très-légère dans la détermination de l'azote entraînerait dans l'appréciation du degré chlorométrique, j'ai renoncé à cette méthode qui ne me paraît pas susceptible de devenir jamais assez simple et assez certaine dans les mains des consommateurs ordinaires.

Les chlorures métalliques existent tout formés dans la solution des chlorites.

J'ai rapporté l'expérience de M. Berzélius qui fait voir que les chlorures existent tout formés dans la dissolution des chlorites; j'ai constaté pour la soude ce que M. Berzélius a observé pour la potasse. Voici d'autres expériences qui démontrent le fait d'une manière aussi évidente.

J'ai préparé du chlorure de chaux par la voie humide, en ayant soin que la température ne pût s'élever, pour éviter toute formation de chlorate; je l'ai décomposé avec précaution par du carbonate de soude. Le chlorure de soude qui en est résulté a été soumis à un essai chlorométrique; sa force décolorante étant connue, je l'ai évaporé à siccité dans le vide, j'ai redissout dans une quantité d'eau égale à celle qui s'était dissipée, et j'ai essayé de nouveau son énergie décolorante : elle n'avait pas changé sensiblement. Ce premier fait établi, j'ai pris une nouvelle partie de chlorure de soude séchée dans le vide, et je l'ai lavée avec une solution saturée de sel marin, jusqu'à ce que celle-ci eût emporté toute

l'odeur de chlorite; il est resté un résidu de chlorure de sodium.

Ces résultats sont concluans. Le chlorure de soude desséché contenait du sel marin; ce sel marin existait avant l'évaporation; il ne s'est pas formé par la décomposition du chlorure d'oxide, puisque la force décolorante de la liqueur était la même avant et après l'évaporation. Par conséquent, il s'était fait du chlorure métallique par l'action du chlore sur l'oxide alcalin; par conséquent, il s'était produit un composé de chlore oxigéné.

Ces résultats se trouvent confirmés par cette autre expérience. Du chlorure de soude bien pur fut concentré dans le vide. A une certaine époque, la matière se trouva partagée en trois parties assez distinctes. Le fond de la capsule était occupé par des cristaux cubiques de sel marin; le liquide qui les surnageait avait conservé les propriétés de chlorure de soude, mais les parois supérieures de la capsule étaient enduites d'un sel grimpant qui était sali par la dissolution; mais après avoir été lavé avec un peu d'eau et avoir été séché avec du papier sans colle, il conservait l'odeur et les propriétés des chlorites.

Il me paraît maintenant établi d'une manière incontestable qu'il n'existe pas de combinaison du chlore avec les oxides, mais que, par son action sur leurs dissolutions suffisamment étendues, le chlore forme un chlorure métallique et un sel à oxacide de chlore, probablement moins chargé d'oxigène que l'acide chlorique. Mais quelle est la composition de cet acide?

Les expériences faites jusqu'à ce jour établissent avec certitude que dans les liqueurs décolorantes que le chlore

forme avec les oxides alcalins, le rapport des élémens entre eux est 1 at. radical, 1 at. oxigène, 2 at. chlore, ce qui, dans l'hypothèse des chlorures d'oxide, s'interprète par la formule $\dot{R}\,Cl^2$. Dans toute autre hypothèse, les mêmes rapports doivent subsister, et les seules suppositions possibles sont exprimées par l'une des formules suivantes : $2\,R\,\underline{Cl^2} + \dot{R}\,\ddot{Cl}$ ou $3\,R\,\underline{Cl^2} + \dot{R}\,\dddot{Cl}$, ou $4\,R\,Cl^2 + \dot{R}\,\underline{\ddot{Cl}}$. La supposition théorique la plus vraisemblable est que l'acide chloreux correspond par les proportions de ses élémens à l'acide nitreux, et qu'il est $Cl^2 + O^3$.

J'ai fait une expérience pour reconnaître combien il y a de sel marin dans la liqueur connue sous le nom de chlorure de soude. Celle-ci avait été préparée de manière à ne pas contenir de sel étranger à sa composition; après l'avoir évaporée à siccité dans le vide, j'ai lavé le produit avec une solution saturée de sel marin qui n'a dissout que le chlorite, et j'ai pesé le chlorure de calcium restant. Une quantité de chlorure de soude contenant 4 atomes de soude en a laissé 2,122 de sel marin, ou sensiblement 3 atomes. Ce résultat est toutefois le produit d'un mode d'expérimentation trop compliqué pour que je puisse lui accorder une grande confiance. J'aurais désiré le confirmer par une expérience plus satisfaisante, mais les difficultés presque insurmontables que l'on rencontre quand on veut séparer les chlorites des chlorures métalliques ou isoler l'acide chloreux ont fait échouer jusqu'à présent toutes mes tentatives. Cependant la cristallisation du chlorite de soude dans le vide me fait espérer d'y réussir, mais la nature même

des expériences exigera un long temps encore avant que j'aie pu compléter ces recherches.

Du deutoxide de chlore.

Au milieu des tentatives que j'ai faites pour isoler l'acide chloreux ou ses combinaisons, je n'ai pu oublier que Stadion a annoncé avoir obtenu à l'état d'isolement un composé de chlore et d'oxigène formé précisément dans les proportions qui doivent théoriquement constituer l'acide chloreux. Ce corps, désigné assez improprement sous le nom de deutoxide de chlore, a été trouvé composé, par Davy et M. Gay-Lussac, de un volume de chlore et deux volumes d'oxigène. Le comte Stadion, qui assigne à ce corps une composition différente, l'a obtenu en le dégageant avec lenteur au milieu d'un excès d'acide sulfurique concentré, circonstance qui peut avoir une grande influence sur les résultats. Aussi M. Berzélius paraît-il porté à croire que le gaz obtenu par Stadion est différent de celui qui a été examiné par Davy et M. Gay-Lussac.

J'ai préparé le deutoxide de chlore par la méthode de Stadion, et j'ai obtenu des résultats peu d'accord entre eux, ce qui dépend d'un mélange d'oxigène en proportions variables. L'expérience suivante ne laisse aucun doute à ce sujet. J'ai engagé le tube qui amenait le deutoxide de chlore sous une petite cloche pleine d'eau, et j'ai obtenu une dissolution jaune et de l'oxigène. On arrive à la même conséquence en agitant de l'oxide de chlore sur le mercure, mais avec grande précaution pour éviter que la température ne puisse s'élever. Les deux

élémens de l'oxide de chlore sont absorbés, et il reste de l'oxigène.

M. Gay-Lussac avait constaté cette formation d'oxigène pour l'oxide de chlore obtenu avec l'acide sulfurique étendu.

J'ai recommencé les essais analytiques, mais cette fois, au lieu d'obtenir directement l'oxide de chlore, je me suis servi de sa dissolution ; je l'ai placée dans un petit tube de verre que j'ai rempli aux deux tiers ; j'ai adapté à ce tube incliné sous un angle de 45 degrés un tube étroit qui le faisait communiquer avec un troisième tube contenant du chlorure de calcium ; au sortir de l'appareil, le gaz était conduit dans des vases convenables. J'ai chauffé avec précaution la liqueur, et, pour la mettre à l'abri des explosions, un cordon circulaire en fil de coton, dont les bouts restaient pendans, entourait le tube au-dessous du niveau du liquide. La partie vide était recouverte de papier sans colle, et un filet d'eau la refroidissait continuellement. Avec ces précautions, on peut se garantir des explosions avec une certitude presque complète. Je dois ajouter que l'eau dont l'oxide de chlore s'est échappé n'est pas restée acide, ce qui montre que l'oxide n'a pas décomposé l'eau, et s'est séparé sans être altéré. La méthode d'analyse fut la même que celle employée pour le protoxide. Je ne donnerai que le résultat.

Oxigène.....	21	19	23,2
Chlore......	10	9	12

D'où il résulte que le deutoxide de chlore obtenu par la méthode de Stadion est mêlé d'oxigène, mais que ce-

gaz a réellement la même composition que celui qui a été obtenu par M. Gay-Lussac.

Les chimistes trouveront beaucoup plus commode d'employer la méthode de Stadion : l'action est plus lente et plus régulière, les explosions de l'appareil infiniment moins fréquentes ; et si même on a l'attention de faire couler un peu d'eau froide sur la partie vide du tube quand la réaction semble s'accélérer, à l'aide d'une surveillance un peu active, on peut en quelque sorte faire disparaître toutes les chances de détonation.

On sait que le deutoxide de chlore change les alcalis oxigénés en un mélange de chlorure métallique, de chlorite et de chlorate. Si on fait arriver ce gaz sous une cloche remplie d'ammoniaque liquide, la liqueur prend une couleur jaune et en même temps des bulles de gaz arrivent à la partie supérieure de la cloche. J'ai analysé deux gaz obtenus dans ces expériences, et j'ai trouvé dans l'un 63 volumes et dans l'autre 70 volumes d'oxigène ; le reste était de l'azote. L'oxigène provient de celui qui est mêlé au deutoxide de chlore ; il arrive dans la cloche sous forme de grosses bulles : en même temps une multitude de petites bulles se manifestent, se dégagent de tous les points et viennent se mêler à l'oxigène. Le gaz qui se produit ainsi est de l'azote. Pour s'en assurer, on a tenu renversé un tube rempli d'une solution d'ammoniaque qui avait été traversée par un courant de deutoxide de chlore. Elle a continué pendant long-temps à laisser dégager du gaz, et celui-ci était de l'azote pur. On est arrivé au même résultat, en remplissant une cloche avec de l'ammoniaque et de la solution aqueuse de deutoxide et la renversant sur l'eau.

Les phénomènes précédens s'expliquent facilement. Il s'est fait du chlorite d'ammoniaque qui se décompose spontanément et avec lenteur en azote et en hydrochlorate acide.

Mais le deutoxide de chlore, en même temps qu'il forme de l'acide chloreux, donne aussi naissance à du chlorate. En effet, si on évapore le liquide ammoniacal à une douce chaleur, après qu'il a cessé de dégager de l'azote, il reste un sel blanc qui donne par l'acide sulfurique fort un gaz jaune d'odeur chlorée. Si on distille le sel, il se volatilise de l'hydrochlorate d'ammoniaque et il se produit un gaz qui contient du chlore, de l'acide hydrochlorique et de l'azote.

On se rappellera que Vauquelin a obtenu, en distillant du chlorate d'ammoniaque seul, de l'eau, de l'azote, du chlorure, de l'oxide d'azote et de l'hydrochlorate acide d'ammoniaque. On conçoit que les différences légères que j'ai observées dans les produits aient été causées par le mélange de l'hydrochlorate.

Ces observations m'ont conduit à faire quelques expériences que je vais rapporter ici.

Un mélange de chlorate de potasse et d'hydrochlorate d'ammoniaque, soumis à la chaleur, se décompose bien avant la température nécessaire pour porter l'acide sulfurique à l'ébullition. La décomposition est très-vive et il se dégage un gaz qui a très-fortement l'odeur de chlore.

Un mélange de chlorate de potasse et de sulfate d'ammoniaque se décompose avec chaleur et lumière, mais l'action est trop vive pour être convenablement étudiée; en ajoutant aux deux sels une proportion assez grande

de verre pilé, la décomposition se fait avec calme, et le mélange n'est pas porté à l'incandescence. Le gaz qui se dégage attaque le mercure, son odeur est celle du chlore, mais il est mêlé d'oxide. En effet, si on met en contact avec l'acide sulfurique faible la partie du mercure qui a été attaquée, il se fait du sulfate de mercure; si on fait passer le gaz à travers de l'eau, celle-ci prend une couleur jaune foncée. Dans une expérience, ce gaz a détoné spontanément dans l'appareil, et je suis toujours parvenu à produire cette détonation en faisant passer le gaz au sortir de l'appareil dans un tube chauffé par une lampe à esprit de vin.

Après avoir absorbé par le mercure tout ce qui pouvait se trouver de chlore et d'oxide de chlore, j'ai examiné le résidu et j'ai trouvé qu'il était formé pour la presque totalité d'azote, toujours mêlé à quelques centièmes d'oxigène.

En faisant passer un courant de deutoxide de chlore dans de l'alcool à 38°, la liqueur devient très-jaune, elle répand une odeur de fruitier en même temps que l'on reconnaît celle de l'oxide de chlore. Cette dernière odeur disparaît au bout de quelques heures, et on observe alors que le liquide alcoolique est acide. En le distillant avec la précaution de fractionner les produits, on obtient d'abord une liqueur d'une couleur jaune qui montre à peine une trace d'acidité et qui répand dans le laboratoire une odeur suave de fruit. La matière qui reste dans la cornue est très-acide, elle a l'odeur de l'acide acétique et elle précipite abondamment le nitrate d'argent. Le premier liquide éthéré s'altère en quelques heures, il se change en entier en éther acétique. Je ne doute pas que ce ne

soit de l'éther chloreux, mais il est si altérable et les moyens de l'obtenir sont si peu praticables, que j'ai dû renoncer à l'étudier davantage. Les belles expériences de M. Sérullas, sur la transformation de l'alcool en acide acétique par l'acide chlorique, nous donnent l'explication du changement en éther acétique qui se manifeste avec l'acide chloreux. Dans cette réaction, je n'ai pas vu se former de chlore, ce qui est d'ailleurs conforme à la théorie.

Ce même éther se produit en distillant sur le chlorate de potasse un mélange d'acide sulfurique et d'alcool, mais l'expérience est des plus difficiles à conduire. Il y a une vive ébullition à chaque fois que l'on ajoute un fragment de chlorate dans la liqueur acide, il se dégage du chlore et le liquide distillé, jaune, se présente avec les caractères que j'ai signalés pour la liqueur éthérée préparée avec l'oxide de chlore. J'ai répété plusieurs fois cette expérience, mais avec des succès divers; toujours il s'est fait un mélange d'éther acétique et d'éther chloreux, quelquefois de l'éther acétique seul. L'opération présente tant de difficultés qu'il est à peu près impossible de s'en rendre maître.

Effet de la chaleur sur les chlorites.

Morin a reconnu que les dissolutions des chlorites exposées à la chaleur laissent dégager de l'oxigène avant l'ébullition, que sa séparation s'accélère de plus en plus et qu'elle est très-rapide à l'ébullition. Le liquide restant est un mélange de chlorure métallique, de chlorate et de chlorite indécomposé (*Ann. Ch. et Phys.*, XXXVII, 189).

MM. Penot et Schwartz de Mulhouse ont fait la même observation, et semblent considérer les produits comme le résultat de la décomposition de l'eau. M. Grouvelle avait annoncé que la dissolution de chlorure de chaux ne s'altère pas à l'ébullition prolongée, et qu'on peut l'évaporer à siccité, pourvu qu'on ne la dessèche pas; seulement, suivant ce chimiste, il se dégage une faible odeur de chlore (*Ann. Ch. et Phys.*, xvii, 37).

Morin et Welter nous apprennent qu'une chaleur brusque donne de l'oxigène, très-peu de chlore et de chlorure métallique, et le docteur Ure a observé que si la chaleur est conduite avec précaution, il se dégage du chlore, du protoxide de chlore, puis de l'oxigène.

Voici maintenant les faits tels que je les ai observés.

En soumettant à la distillation dans une cornue une dissolution concentrée de chlorite de chaux, la liqueur se trouble à l'ébullition par la précipitation d'un peu de chaux, et il se dégage en même temps que la vapeur d'eau une petite quantité d'oxigène dont l'apparition dure autant de temps que l'on soutient la distillation, et semble même s'accroître à mesure qu'elle avance. La liqueur de la cornue, très-concentrée, conserve fortement l'odeur propre au chlorite : l'ammoniaque y détermine immédiatement un dégagement abondant de gaz azote.

En continuant l'évaporation dans une capsule, bientôt le chlore se fait sentir, et son dégagement continue jusqu'à la fin. Le résidu desséché a perdu en totalité ou en grande partie l'odeur de l'acide chloreux, de sorte que la décomposition est assez complète.

Morin nous a appris qu'il se fait du chlorate. L'expé-

rience suivante met hors de doute qu'il s'en produit quand l'oxigène est dégagé seul à l'ébullition.

J'ai rempli de chlorite de chaux liquide un matras, et je l'ai entretenu pendant une heure à l'ébullition, en ayant soin de préserver du feu la partie supérieure du matras, afin d'éviter qu'aucune portion de chlorite se desséchât contre ses parois. J'ai décomposé le liquide par le carbonate de potasse, et j'ai fait cristalliser. J'ai obtenu une énorme quantité de chlorate de potasse. Il est assez vraisemblable que l'acide chloreux se change en chlorate en perdant en même temps du chlore et un peu d'oxigène. Celui-ci se dégage ainsi que l'oxigène de l'atome de chaux, qui est transformé par le chlore en chlorure métallique.

La distillation du chlorite de soude a beaucoup de ressemblance avec celle du chlorite de chaux, mais il se dégage peu d'oxigène; aussi la liqueur très-concentrée a-t-elle à un haut degré l'odeur propre aux chlorites. Si on l'évapore à siccité, il se dégage un peu de chlore, mais le résidu est encore riche en chlorite. Ce n'est qu'après trois ou quatre dissolutions et évaporations successives que le chlorite est entièrement détruit. Le résidu est un mélange de sel marin et de chlorate de soude.

Le chlorite de potasse, que l'on considère généralement comme plus décomposable que le chlorite de soude, se comporte absolument de même au feu.

L'élévation de température et la présence de l'eau sont les deux circonstances qui déterminent le dégagement du chlore pendant la dessication des chlorites. En évaporant du chlorite de soude dans le vide, on observe

que vers la fin de l'évaporation il se produit quelque peu de chlore, mais en bien faible quantité. Si on soumet le résidu à la distillation avant qu'il ne soit parfaitement sec, on obtient beaucoup d'oxigène et un peu de chlore; mais ce dernier gaz cesse entièrement de se montrer quand la dessication du chlorite a été parfaite. On n'obtient plus alors que de l'oxigène et du chlorure de sodium. Ce résultat prouve que les chlorites peuvent être obtenus privés d'eau. Il s'accorde avec une expérience de Thomson, qui a obtenu du chlorite de chaux en faisant réagir le chlore sur la chaux vive.

Les résultats les plus saillans des expériences rapportées dans ce Mémoire, sont :

1°. Que le gaz appelé protoxide de chlore est un mélange de chlore et de deutoxide de chlore;

2°. Que les composés connus sous le nom de chlorures d'oxides, sont des mélanges d'un chlorure métallique avec un chlorite;

3°. Que l'acide chloreux est sans doute formé de 2 vol. de chlore et de 3 vol. d'oxigène;

4°. Que les substances minérales ou organiques mises en contact avec les chlorites s'oxident par l'oxigène de l'acide chloreux, et quelquefois par celui de sa base;

5°. Que le blanchiment par les chlorites résulte d'une oxigénation des élémens de la matière colorée par l'oxigène de l'acide chloreux;

6°. Que le chlore a une puissance de décoloration plus grande que celle des chlorites;

7°. Que le chlorure de chaux, en décomposant l'alcool, donne naissance à un nouvel éther, représenté par 2 atomes de chlore et 1 atome d'hydrogène percarboné;

8°. Que l'acide chloreux et l'ammoniaque peuvent s'unir sans se décomposer, mais que le composé qu'ils forment se détruit de lui-même en se transformant en eau, en chlore et en azote;

9°. Que l'oxide de chlore obtenu par la méthode de Stadion est composé de 1 vol. de chlore et de 2 vol. d'oxigène, de même que celui obtenu par Davy;

10°. Que l'acide chloreux peut devenir partie constituante d'un éther qui est singulièrement disposé à se transformer en éther acétique.

Sur *la Composition de différentes variétés de Phosphate de plomb brun;*

Par M. Charles Kersten, a Freyberg.

L'objet de ce Mémoire est de faire connaître les recherches que j'ai faites sur la composition de diverses variétés de phosphate de plomb brun. Je donnerai les résultats dans l'ordre où je les ai obtenus, et je commencerai par la variété dont la composition intéressante m'a fait entreprendre mes recherches. Lorsqu'on eut découvert, il y a quelques mois, dans la mine de *Sonnenwirbel*, près de Freyberg, un minéral qui avait quelque analogie avec le phosphate de plomb brun, mais qui présentait aussi quelques différences, et notamment une plus faible pesanteur spécifique, M. Breithaupt

en fit l'examen minéralogique, et lui donna le nom de *Polysphærit*. Ce minéral se présente sous la forme de globules dont l'extérieur est couvert de petits cristaux, beaucoup trop petits pour qu'on puisse en déterminer la forme. L'intérieur de ces globules est polysphérique; c'est de ce caractère qu'est dérivé le nom de ce minéral. Il appartient à l'ordre des spaths, d'après le système de M. Breithaupt, et à l'ordre des barytes, dans le système de M. Mohs.

Il est d'un brun de gérofle avec beaucoup de nuances plus claires; il a une cassure rayonnée divergente très-fine, qui passe à la cassure conchoïde. Il a la même dureté que le carbonate de chaux cristallisé. Sa pesanteur spécifique est de 6,092.

M. Freiesleben est le premier qui ait fait connaître ce minéral dans ses *Travaux géognostiques*, t. VI, p. 148, où il en donne une description minéralogique complète. Il y en avait plusieurs échantillons dans sa collection des minéraux, qui appartient aujourd'hui à l'université de *Moscou*. Dans la description de cette collection, M. Fischer de Waldheim désigne ce minéral sous le nom de *plomb brun réniforme*.

Les résultats obtenus, pour la pesanteur spécifique de diverses variétés de phosphate de plomb, sont tous supérieurs à celle du minéral de Sonnenwirbel. M. Mohs donne 7.208 pour une variété d'un vert jaunâtre, 7.098 pour une variété verte de Zchopau, et M. G. Rose 7.054 pour une variété que M. Wohler a analysée. Le minéral de Sonnenwirbel n'ayant qu'une pesanteur spécifique de 6.092, une différence aussi notable devait faire présumer qu'il y avait également une différence

essentielle dans sa constitution chimique, et que la base y était peut-être remplacée par une autre d'une moindre pesanteur spécifique que celle du phosphate de plomb vert. C'est pour vérifier cette conjecture que j'ai entrepris l'analyse du minéral au moyen de plusieurs échantillons très-purs que M. de Weissenbach a eu la complaisance de m'envoyer.

Recherches préliminaires.

En chauffant le minéral dans une pince de platine, il il se boursouffle d'abord, et ensuite se fond en émail à une plus grande chaleur. Dans cette expérience, la flamme de la lampe est colorée en vert. Lorsqu'on met une petite quantité du minéral dans un globule fondu de phosphate de soude, on observe également un boursoufflement, et il se dégage une odeur d'acide hydrochlorique.

Quand on traite le minéral sur un charbon avec du carbonate de soude, il se forme beaucoup de petits globules de plomb, et il reste une scorie brune. On n'y remarque pas l'odeur d'arsenic. Le minéral fondu avec de l'acide borique et du fer métallique donne du phosphure de fer et du plomb métallique.

Je l'ai traité par l'acide nitrique concentré; il s'y dissout très-facilement et très-promptement sans l'aide de la chaleur et sans effervescence. La dissolution est incolore. On voit se former dans la liqueur des cristaux de nitrate de plomb et également de chlorure de plomb, en aiguilles très-fines. Cette solution a présenté les propriétés suivantes :

Le nitrate d'argent y a formé un précipité de chlorure d'argent. Par un courant de gaz hydrogène sulfuré, on a obtenu un précipité brun qui n'était composé que de sulfure de plomb. En continuant plus long-temps le passage du gaz à travers la solution, il ne s'est formé qu'un très-léger dépôt de soufre.

Dans la liqueur dont le plomb avait été précipité par le gaz hydrogène sulfuré, l'hydrosulfate d'ammoniaque a formé un précipité blanc que je crus d'abord contenir de l'alumine; on m'avait en effet assuré que le chalumeau faisait reconnaître la présence de cette base dans ce minéral; mais je reconnus ensuite que ce précipité était du sous-phosphate de chaux. Pour être tout-à-fait assuré de l'absence de l'alumine dans ce minéral, j'en ai fondu 2 parties avec 6 parties de carbonate de soude et $4\frac{1}{2}$ parties de silice pure, suivant le procédé de M. Berzelius. Ce mélange fondu a été dissous dans l'eau, et le résidu traité par l'acide hydrochlorique. On a séparé à l'ordinaire la silice et essayé la liqueur, mais on n'y a trouvé qu'une grande quantité de chaux, et on n'a pu y découvrir la moindre trace d'alumine. En effet la dissolution du minéral, purgée de plomb par le gaz hydrogène sulfuré, était précipitée par l'acide sulfurique et par l'oxalate de potasse.

La chaux ayant été séparée par l'acide sulfurique étendu d'alcool, la liqueur ne contenait plus aucune base. Par le nitrate d'argent, on a obtenu un précipité jaunâtre qui se dissolvait facilement dans l'acide nitrique et dans l'ammoniaque caustique. Pour m'assurer si l'acide fluorique entrait dans la composition de ce minéral, j'en ai chauffé dans un creuset de platine avec de

l'acide sulfurique concentré : après l'opération, une plaque de verre qui avait été placée sur le creuset était très-attaquée. J'ai répété cette expérience plusieurs fois, et j'ai toujours obtenu le même résultat. Il suit de ces essais que le *polysphærit* est composé de plomb, de chaux, d'acide phosphorique, de chlore et de fluore.

Recherches quantitatives.

Pour trouver la composition quantitative de ce minéral, j'en ai fait trois analyses. Voici la marche que j'ai suivie :

(*a*) Un gramme du minéral, pulvérisé très-fin, a été traité par l'acide nitrique, et à froid, pour qu'il n'y eût point de dégagement d'acide muriatique. La liqueur, étendue d'eau, a été précipitée par du nitrate d'argent. D'après trois analyses, j'ai obtenu $0^g,106$ de muriate d'argent (1), qui contenaient $0^g,0200$ d'acide muriatique, ou $0^g,02765$ de chlore.

(*b*) Après avoir séparé l'argent ajouté en excès par quelques gouttes d'acide hydrochlorique, et bien lavé le précipité par l'eau chaude, j'ai fait passer dans la liqueur un courant de gaz hydrogène sulfuré pour précipiter le plomb. Le sulfure de plomb a été transformé, dans deux analyses, en sulfate, à l'aide de l'acide nitrique

---

(1) Ces recherches étant en rapport avec celles faites par M. Wohler sur le phosphate de plomb vert et celles faites par M. G. Rose sur l'apatite, j'ai suivi leurs calculs pour pouvoir facilement comparer leurs résultats avec les miens.

concentré. Ces précipités contenaient 0g,7117 d'oxide de plomb, ou 0g,670 de plomb métallique.

(c) Pour déterminer la quantité de chaux, on l'a précipitée, à l'aide de l'acide sulfurique étendu d'alcool, de la dissolution précédente, après l'avoir chauffée et avoir séparé le soufre provenant de la décomposition du gaz hydrogène sulfuré; j'ai filtré le sulfate de chaux bien volumineux, et j'ai concentré la liqueur pour en séparer une autre partie que j'ai ajoutée à la première. Le poids du sulfate de chaux calciné était 0g,1558, qui contiennent 0,0617 de chaux pure.

Ayant déterminé très-exactement par trois analyses le chlore, le plomb et la chaux, on a trouvé, par différence, les quantités d'acide phosphorique et d'acide fluorique contenues dans le minéral.

L'analyse a donné :

72,17	oxide de plomb,
6,47	chaux ;
2,00	acide muriatique ;
19,36	acide phosphorique, acide fluorique et perte.
100,00.	

En considérant les résultats de l'analyse précédente, on voit qu'ils présentent quelques rapports avec les résultats des analyses des phosphates et arséniates de plomb par M. Wohler, mais qu'ils en diffèrent d'une manière remarquable, en ce que le phosphate de plomb brun analysé, outre les parties composantes essentielles et ordinaires, phosphate et chlorure de plomb, en

contient encore deux autres, savoir ; le *fluore* et la *chaux*, qu'on *n'a pas encore trouvés* dans ces minerais, et que ce minéral présente ainsi une combinaison exacte de substances que l'on n'a pas encore trouvées ensemble dans le règne minéral.

Mais on acquerra bientôt une juste idée de la manière dont le chlore, le fluore et le plomb sont combinés dans le minéral analysé, en considérant les recherches faites par M. Wohler sur les phosphates et arséniates de plomb, et celles de M. G. Rose sur les apatites.

Il résulte des premières, que le plomb phosphaté vert est composé d'un atome de chlorure de plomb et de 3 atomes de sous-phosphate ou sous-arséniate de plomb, et que l'acide phosphorique et l'acide arsénique se substituent dans ces minéraux dans des proportions indéfinies, ou même complètement, sans qu'il en résulte un changement dans le système de cristallisation, ou dans la proportion relative, entre le plomb dans le sel basique et le plomb dans le chlorure.

Les recherches de M. G. Rose sur la nature chimique des apatites donnent le résultat, que ce minéral est isomorphe avec le plomb phosphaté ou arséniaté, et qu'il y a pour ces deux espèces de minéraux la formule chimique suivante :

$$\mathrm{R}\left\{\frac{\mathrm{Cl}}{\underline{\mathrm{F}}}\right. + 3\,\mathrm{R}^3\left\}\begin{matrix}\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{\mathrm{P}}}\\ \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{\mathrm{A}}}.\end{matrix}\right.$$

Dans cette formule, R est le radical. Les apatites ne diffèrent des plombs phosphatés, sous le rapport chi-

mique, que par le genre des substitutions qui s'y opèrent. Dans le premier de ces minéraux, elles ont lieu entre le chlore et le fluore ; et dans le second, entre l'acide phosphorique et l'acide arsénique. Dans l'apatite, $\dot{R}$ est le calcium, et dans le phosphate de plomb vert, $\dot{R}$ est le plomb.

Quand on compare le résultat de l'analyse des espèces minéralogiques dont il vient d'être parlé, avec celui que j'ai obtenu du *polysphærit*, on remarque facilement les rapports qui existent entre eux. Le *polysphærit* doit être considéré comme un phosphate de plomb, dans lequel une partie du plomb est remplacée par de la chaux, et une partie du chlore par du fluore. Mais quoique cette manière de considérer ce minéral donne une idée très-vraisemblable de sa composition, et quoique l'analyse ait fait connaître le rapport qui existe entre le chlorure, le fluorure et les sels basiques, il reste pourtant à déterminer le mode de combinaison du chlore et du fluore avec la chaux et avec le plomb; c'est-à-dire, on peut admettre, ou que dans le minéral analysé le chlore et le fluore sont combinés tous deux avec le plomb, ou bien que le chlore seul est combiné avec le plomb à l'état de chlorure de plomb, et que le fluore est combiné avec une partie de la chaux à l'état de fluorure de chaux. Dans le premier cas, la formule chimique du minéral analysé sera :

$$\mathrm{Pb}\,\frac{\mathrm{Cl}}{\underline{\mathrm{F}}}\left\{\vphantom{\frac{A}{B}}\right. + 3\left.\begin{matrix}\dot{\mathrm{P}}\mathrm{b}^3\\ \dot{\mathrm{C}}\mathrm{a}^3\end{matrix}\right\}\,\underline{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\mathrm{P}}}$$

Dans le second :

$$\left.\begin{array}{l} Pb\ \underline{Cl} \\ Ca\ \underline{F} \end{array}\right\} + 3\ \left.\begin{array}{l} \dot{P}a^{3} \\ \dot{C}a^{3} \end{array}\right\} \underline{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}}.$$

Il est très-vraisemblable que c'est cette dernière formule, et par conséquent la seconde supposition qui est la véritable, d'après plusieurs circonstances dont nous ferons mention plus tard, et principalement d'après l'observation que nous avons faite, que parmi toutes les variétés de plomb phosphaté brun que nous avons analysées, celles qui contenaient du fluore, contenaient aussi de la chaux, et réciproquement que toutes les variétés dans la composition desquelles il n'entrait pas de chaux, ne contenaient pas non plus de fluore. En adoptant cette opinion, il est facile, au moyen des poids atomiques de M. Berzelius, de déterminer par le calcul les proportions de l'acide phosphorique et du fluore que le minéral contient, et qui n'ont pas été déterminées par l'expérience. En prenant pour base du calcul les quantités de plomb et de chlore obtenues par l'analyse, nous déterminerons par une simple équation les quantités de fluorure de chaux et de sous-phosphate de plomb contenues dans le *polysphærit*, d'où nous conclurons le reste.

Ainsi le minéral analysé, calculé d'après la dernière formule, est composé ainsi qu'il suit :

Chlorure de plomb	= 10,838	contenant	8,073 de plomb.
Fluorure de calcium	= 1,094		0,567 de calcium.
Sous-phosphate de plomb	= 77,015		58,918 de plomb.
Sous-phophate de chaux	= 11,053		6,025 de chaux.
	100,00		

Le résultat calculé confirme entièrement l'idée que nous nous étions faite du mode de combinaison des substances obtenues de ce minéral. Par notre analyse dont en même temps il tend à prouver l'exactitude, l'accord parfait de la quantité de chaux calculée avec celle trouvée par l'expérience, est d'autant plus remarquable qu'il est plus difficile de trouver par l'analyse, dans le cas précédent, la quantité de chaux avec la même exactitude que celles de l'oxide de plomb et du chlore.

Si, au contraire, on suit la dernière opinion, suivant laquelle, dans notre minéral, le fluore serait comme le chlore combiné avec le plomb (ce qui me semble moins probable), alors, en prenant pour base du calcul les quantités de plomb et de chlore trouvées par l'expérience, voilà quelle serait sa composition :

Chlorure de plomb	= 10,838	contenant	8,073	de plomb	66,991.
Fluorure de plomb	= 3,398		2,871		
Sous-phosphate de plomb	= 73,225		56,047		
Sous-phosphate de chaux	= 12,509		6,875	de chaux	

Les recherches précédentes sur le phosphate de plomb brun, appelé *polysphærit*, font voir que dans ce minéral une partie du plomb du phosphate est remplacée par la chaux, et une partie du chlore par le fluore, sans qu'il en résulte, dans la formule qui représente sa composition, une différence essentielle d'avec la formule qui représente les phosphates de plomb verts. Cette remarque m'a donné lieu de penser qu'il était probable qu'on devait rencontrer dans la nature d'autres phosphates de plomb dans la composition desquels on trouverait également de la chaux et du fluore. Cette conjec-

ture me détermina à examiner chimiquement différentes variétés de phosphates de plomb bruns, particulièrement celles dans lesquelles je reconnaîtrais une pesanteur pécifique plus petite.

Ayant suivi dans leur examen la même marche que j'ai adoptée dans l'analyse du minéral appelé *polysphærit*, les détails étendus que j'ai donnés ci-dessus sur les diverses opérations de cette analyse me permettront de rendre compte d'une manière plus abrégée des analyses suivantes.

II. *Phosphate de plomb brun globuleux de Mies.*

On trouve à Mies en Bohême, dans un filon composé de quartz et de galène très-pauvre en argent, traversant un schiste argileux, du phosphate de plomb brun en plusieurs variétés très-différentes entre elles, sous le rapport de la forme, de la pesanteur spécifique et de la couleur. L'échantillon que je choisis pour la présente analyse était sous forme de globules de 3 lignes de diamètre, d'une couleur brune tirant au jaunâtre, implantés sur de la galène. Leur cassure était conchoïde, et quelques-uns étaient un peu cristallins à la surface. Leur pesanteur spécifique était 6,444, d'après M. Breithaupt.

Lorsqu'on chauffe ce minéral avec de l'acide sulfurique, dans un creuset de platine couvert d'une plaque de verre, celle-ci est toujours très-attaquée. En le chauffant au chalumeau dans une pince de platine, il fond en émail : dans cette expérience, la pointe de la flamme est colorée en vert. Fondu avec addition de soude, on a obtenu du plomb métallique et une scorie brune. On

n'a eu dans cet essai aucune trace d'odeur d'arsenic. La dissolution du minéral, après en avoir précipité le plomb par un courant de gaz hydrogène sulfuré, était troublée par l'acide sulfurique étendu d'alcool, et également par l'oxalate de potasse; mais en faisant passer de nouveau dans la solution un courant du même gaz, il ne s'est formé qu'un léger dépôt de soufre. Il résulte de cette expérience qu'il n'y a pas une trace d'acide arsénique dans ce minéral.

Voici les parties composantes obtenues de ce minéral, d'après deux analyses :

75,830	oxide de plomb;
2,110	acide muriatique;
3,711	chaux;
18,349	acide phosphorique, acide fluorique, trace d'oxide de fer et perte.
100,000.	

D'après les quantités d'oxide de plomb et de chlore trouvées par l'analyse, on peut, en faisant un calcul analogue à celui qu'on a adopté ci-dessus, considérer le phosphate de plomb brun globuleux de Mies en Bohême comme composé ainsi qu'il suit :

Chlorure de plomb........	10,642;
Fluorure de calcium.......	0,248;
Sous-phosphate de plomb...	81,651;
Sous-phosphate de chaux...	7,457.
	99,998.

III. *Phosphate de plomb brun cristallisé de Mies.*

L'échantillon qui a servi à l'analyse était en prismes de 4 lignes de long sur 2 lignes de large, et d'une couleur brune. Les cristaux étaient un peu transparens, et les prismes étaient terminés par une face rude (*R*—∞). On a trouvé leur pesanteur spécifique de 6,983. En chauffant ce minéral avec de l'acide sulfurique concentré dans un creuset de platine recouvert d'une plaque de verre, celle-ci a été attaquée et a perdu son éclat. Par le chalumeau, on a obtenu les mêmes phénomènes observés avec la variété précédente.

Cent parties ont donné :

81,330 oxide de plomb ;
1,909 acide muriatique ;
0,430 chaux ;
16,331 acide phosphorique, acide fluorique et perte;

100,000 ;

d'où l'on déduit, pour la composition chimique du phosphate de plomb brun cristallisé de Mies, le résultat calculé suivant :

Chlorure de plomb........	9,664 ;
Fluorure de calcium.......	0,219 ;
Sous-phosphate de plomb...	89,268 ;
Sous-phosphate de chaux...	0,848.
	99,999.

IV. *Phosphate de plomb cristallisé de Bleystadt en Bohême.*

Cette variété est bien connue comme la plus belle et la mieux caractérisée. Elle forme des prismes allongés, tout-à-fait transparens, d'une couleur brune. Je dois à M. Breithaupt les cristaux qui ont servi à l'analyse suivante.

La pesanteur spécifique de cette variété est de 7,009. Elle se fendille au chalumeau, puis elle fond et donne par le refroidissement un bouton polyédrique ; la flamme de la lampe est colorée en vert. Quand on fond ce minéral en ajoutant du carbonate de soude, on obtient du plomb métallique, sans le moindre dégagement d'odeur d'arsenic. En le traitant avec de l'acide sulfurique concentré, la présence du fluore se manifeste. La dissolution, après en avoir séparé le plomb par du gaz hydrogène sulfuré, a été précipitée par l'acide sulfurique étendu d'alcool, et par l'oxalate de potasse. Faisant ensuite passer de nouveau le courant de gaz à travers la liqueur, il s'est formé seulement un très-faible précipité de soufre. Sur cent parties de ce minéral, on a obtenu :

81,460 oxide de plomb ;
1,956 acide muriatique ;
0,320 chaux ;
16,264 acide phosphorique, acide fluorique et perte.

100,000.

Il résulte de là, d'après le calcul déjà suivi, que le phosphate de plomb brun cristallisé de *Bleystadt* en Bohême est composé de :

Chlorure de plomb........	9,918 ;
Fluorure de plomb........	0,137 ;
Sous-phosphate de plomb...	89,174 ;
Sous-phosphate de chaux...	0,771.
	100,000.

V. *Phosphate de plomb brun cristallisé d'Angleterre.*

Cette variété se trouve, sur de la galène et du quartz, en aiguilles fines parfaitement transparentes et d'une couleur brune foncée. Je ne puis pas indiquer exactement l'endroit d'où elle vient. Je l'ai achetée à Lyon de M. Lafont, naturaliste, avec une étiquette qui ne contenait aucune indication plus précise.

Traité par le chalumeau, ce minéral présente les mêmes phénomènes que les variétés analysées ci-dessus, et on n'a pas reconnu la présence de l'arsenic après l'avoir fondu avec addition de carbonate de soude. Je n'ai pas réussi davantage à découvrir des traces de ce métal en examinant sa dissolution d'après le mode déjà décrit. Lorsque j'ai traité des cristaux avec de l'acide sulfurique concentré dans un creuset de platine, j'ai observé que la plaque de verre qui couvrait le creuset était corrodée, mais très-légèrement. J'ai aussi constaté la présence de la chaux dans ce minéral, au moyen de l'acide sulfurique et de l'oxalate de potasse versés dans la solution, après en avoir préalablement séparé le

plomb. La petite quantité de ce minéral qui était à ma disposition ne m'a permis d'effectuer l'analyse que sur $0^g,9$.

Cent parties contiennent :

82,083	oxide de plomb ;
1,990	acide muriatique ;
0,320	chaux ;
15,607	acide phosphorique, acide fluorique et perte ;
100,000 ;	

d'où il suit que le phosphate de plomb brun cristallisé d'Angleterre est composé de :

Chlorure de plomb.........	10,074 ;
Fluorure de calcium.......	0,130 ;
Sous-phosphate de plomb...	89,110 ;
Sous-phosphate de chaux....	0,682.
	99,996.

VI. *Phosphate de plomb brun amorphe de Freyberg.*

Cette variété provient de la mine de *Niclas* ; elle m'a été donnée par M. Freiesleben, qui l'a décrite dans ses travaux géognostiques. (*Geognostische Arbeiten*, t. VI, p. 147.) Ce minéral, traité par le chalumeau, donne les mêmes résultats que les variétés précédentes. Il ne contient point d'arsenic. Chauffé avec de l'acide sulfurique, on obtient des indices de la présence de l'acide fluorique. Après avoir séparé le plomb de la dissolution par le gaz hydrogène sulfuré, l'acide sulfurique a formé

dans la liqueur un précipité de sulfate de chaux, et l'oxalate de potasse un d'oxalate de chaux. Par le nitrate d'argent, j'ai obtenu, en opérant avec précaution, un précipité jaune de phosphate d'argent. Il s'ensuit que cette variété de phosphate de plomb brun a la même composition que les variétés déjà analysées, et qu'il contient de la chaux et du fluore. La petite quantité de ce minéral qui était à ma disposition ne m'a pas permis de faire les recherches nécessaires pour déterminer les proportions.

VII. *Phosphate de plomb brun cristallisé de Poullaouen (département du Finistère).*

Cette variété, une des plus connues et des mieux caractérisées, se présente en prismes hexagonaux allongés, accolés ensemble. Les prismes sont souvent couverts à leur surface d'une mince couche brune, que j'ai trouvée composée de sous-phosphate de fer et de sous-phosphate de plomb. La pesanteur spécifique des cristaux, nettoyés de cette croûte, est de 7,048. Traité par le chalumeau sans addition au bout d'une pince de platine, ce minéral fond en globule polyédrique, en colorant la flamme en vert. Lorsqu'on chauffe un petit fragment d'un cristal au milieu d'un globule fondu de sel microcosmique, il se produit un boursoufflement considérable. Avec de la soude on obtient du plomb métallique, mais sans le moindre indice d'arsenic. En soumettant ce minéral aux mêmes épreuves employées ci-dessus pour constater la présence du fluore et de la chaux, on n'en a reconnu aucune trace. Il résulte de

ces expériences qu'il renferme seulement du *chlorure de plomb* et du *phosphate de plomb*. D'après deux analyses faites sur 4 grammes de cristaux tout-à-fait nettoyés à leurs surfaces, ce minéral est composé de :

82,301 oxide de plomb ;
1,989 acide muriatique ;
15,710 acide phosphorique, trace d'oxide de fer et perte.

100,000.

Ou :

10,09 = 1 atome chlorure de plomb ;
89,91 = 3 atomes sous-phosphate de plomb.

100,000.

VIII. *Phosphate de plomb brun amorphe de Poullaouen.*

Pour mieux constater que le phosphate de plomb de Poullaouen ne contenait ni fluore, ni chaux, et pour rassembler le plus de faits possible pour me former une juste idée de la nature chimique de cette espèce minéralogique, j'ai encore analysé une autre variété de Poullaouen qui formait des masses amorphes. La couleur était d'un brun jaunâtre, et en quelques parties d'un brun de cheveux. J'ai trouvé la pesanteur spécifique de 7,050. Cette variété a donné au chalumeau les mêmes résultats que la variété cristallisée, et je n'y ai reconnu ni arsenic, ni chaux, ni fluore. 100 parties de ce minéral sont composées de :

82,290 oxide de plomb ;
1,989 acide muriatique ;
15,721 acide phosphorique, une trace d'oxide de fer, et perte ;

100,000 ;

d'où il résulte que le phosphate de plomb brun amorphe de Poullaouen est composé de :

10,069 = 1 atome de chlorure de plomb ;
89,931 = 3 atomes de sous-phosphate de plomb.

100,000.

Le tableau suivant présente les résultats des différentes variétés de phosphate de plomb brun analysées.

PHOSPHATES DE PLOMB BRUN	PESANTEUR spécifique.	CHLORURE de plomb.	FLUORURE de calcium.	$\frac{2}{3}$ PHOSPHATE de chaux.	$\frac{2}{3}$ PHOSPHATE de plomb.	OXIDE DE FER.	SOMME.
De la mine de Sonnenwirbel, près Freyberg, polysphærit,	6,092	10,838	1,094	11,053	77,015	—	100,000
De Mies, amorphe,	6,444	10,642	0,248	7,457	81,651	trace	99,998
De Mies, cristallisé,	6,983	9,664	0,219	0,848	89,268	—	99,999
De Bleystadt, cristallisé,	7,009	9,918	0,137	0,771	89,174	—	100,000
D'Angleterre, cristallisé,	—	10,704	0,130	0,682	89,110	—	99,996
De Poullaouen, cristallisé,	7,048	10,090	—	—	89,910	trace	100,000
De Poullaouen, amorphe,	7,054	10,069	—	—	89,931	trace	100,000

M. Wohler a conclu, comme nous l'avons déjà dit, de ses recherches sur quatre variétés de phosphate de plomb *texte*, que l'acide arsénique se substitue à l'acide phosphorique dans des proportions variables, et même entièrement, sans qu'il en résulte aucun changement,

ni dans le système de cristallisation, ni dans la proportion relative entre le plomb du sel basique et le plomb du chlorure. Nous croyons de même que les résultats des sept analyses de phosphates de plomb *brun* qui viennent d'être exposées, conduisent aux remarques suivantes.

I. Les minerais appelés *phosphates de plomb bruns* sont des combinaisons, tantôt d'un atome de chlorure de plomb et de fluorure de calcium, avec trois atomes de $\frac{2}{3}$ phosphate de plomb, tantôt d'un atome de chlorure de plomb avec trois atomes de phosphate de plomb. La formule chimique est, dans le premier cas :

$$\left.\begin{matrix} Pb & \underline{Cl} \\ \underline{F} & Ca \end{matrix}\right\} + 3 \left.\begin{matrix} \dot{P}b^3 \\ \dot{C}a^3 \end{matrix}\right\} \overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{P}};$$

dans le second cas :

$$Pb\,\underline{Cl} + 3\,\dot{P}b\,\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{\underline{P}}.$$

II. Dans le plus grand nombre de ces minerais, une partie de l'oxide de plomb est remplacée par de la chaux, comme M. G. Rose l'a déjà pensé.

III. Le phosphate de plomb brun est *isomorphe* à l'apatite, comme le phosphate de plomb vert, et, tant par sa combinaison chimique que par sa pesanteur spécifique, il forme pour ainsi dire la *liaison* entre ces deux espèces minérales.

IV. La pesanteur spécifique est dans six variétés analysées plus petite que celle du plomb phosphaté vert, et elle est en proportion inverse de la quantité de fluore et de chaux qui fait partie de la composition. En effet,

lorsque la quantité de fluore et de chaux est plus considérable, la pesanteur spécifique est plus faible.

V. La présence du fluore paraît entraîner nécessairement la présence de la chaux, et réciproquement; car, dans toutes les variétés de phosphate de plomb brun que nous avons soumises à l'analyse, celles où nous avons obtenu du *fluore* nous ont donné de la *chaux*, et partout où nous avons trouvé de la chaux, nous avons constaté la présence du fluore. Cette observation m'a porté à admettre que le fluore était en combinaison avec de la chaux, et, d'après cette supposition, à ne considérer comme combinée avec l'acide phosphorique que la quantité de chaux excédant celle qui devait être en combinaison avec le fluore.

VI. Toutes les variétés de phosphates de plomb *bruns* sont absolument exemptes d'*acide arsénique*.

IX. *Le chlore est isomorphe au fluore, et l'oxide de plomb à la chaux.*

Les résultats des analyses précédentes ne paraissent pas être tout-à-fait sans intérêt pour la chimie en général. Il en résulte en outre une nouvelle preuve, que l'oxide de plomb et la chaux sont isomorphes. M. Mitscherlich a le premier conclu ce fait, de l'observation du carbonate de plomb et de l'arragonite; depuis, M. Heeren a reconnu l'isomorphie de l'hyposulfate de plomb et de l'hyposulfate de chaux; M. Gustave Rose celle du phosphate de plomb vert et de l'apatite; enfin M. Levy a découvert celle du tungstate de plomb et du

tungstate de chaux. Les recherches précédentes en fournissent un cinquième exemple.

L'analyse suivante, que j'ai eu occasion de faire après avoir terminé les précédentes, m'a paru mériter d'y faire suite à cause des rapports qu'elle a avec elles.

Analyse de l'Hedyphan.

M. Breithaupt a donné récemment le nom d'*hedyphan* à un minéral qui se trouve à *Longbarnshyttan* en Suède, avec du grenat brunâtre et du manganèse rouge siliceux, et dont la description a été publiée dans le deuxième cahier du *Allgemeine journal der Chemie*, par M. Schweigger-Seidel, tome III, 1830. Ce minéral fait partie de l'ordre des spaths, d'après le système de M. Breithaupt, et de l'ordre des barytes dans le système de M. Mohs. Il est d'un blanc grisâtre, translucide, d'un éclat adamantin, passant quelquefois à l'éclat gras. On ne l'a trouvé jusqu'ici qu'en masses qui paraissent traversées de beaucoup de fentes. Sa dureté tient le milieu entre celles du carbonate et du fluate de chaux.

A.) *Recherches préliminaires.*

Ce minéral fond au chalumeau en un globule opaque, non polyédrique, et colore la flamme de la lampe en bleu verdâtre, sans exhaler aucune odeur. Lorsqu'on en met un petit fragment dans un globule fondu de phosphate de soude, et qu'on continue de chauffer, on observe un boursoufflement et l'odeur de l'acide hydrochlorique. Un fragment fondu sur un charbon donne

des globules de plomb métallique, en dégageant une fumée blanche et une odeur d'arsenic. Le résidu de cet essai est une scorie qui n'est pas réductible dans la flamme intérieure, mais dont la surface devient polyédrique en refroidissant. La recherche de l'acide fluorique a été faite sur un gramme, et répétée deux fois sans en obtenir d'indices. Ce minéral se dissout avec facilité dans l'acide nitrique sans dégagement de gaz. La dissolution, qui est incolore, est précipitée par le nitrate d'argent. Ce précipité, d'une couleur rouge, se dissout en grande partie dans l'acide nitrique étendu d'eau; le résidu se colore en violet à la lumière, et se dissout dans l'ammoniaque caustique. Après avoir précipité de la solution, d'abord le plomb, et ensuite l'arsenic, par un courant de gaz hydrogène sulfuré, et avoir continué l'action de ce courant jusqu'à ce qu'il ne se forme plus aucun précipité, on a partagé la solution en deux parties; dans l'une on a versé du nitrate d'argent, ce qui a produit un précipité blanc qui, fondu au chalumeau, a donné un globule polyédrique. A l'autre partie on a ajouté de l'acide sulfurique, qui y a formé un précipité de sulfate de chaux. L'oxalate de potasse a donné également un précipité abondant.

Recherches quantitatives.

(*A*) 3 grammes du minéral ayant été dissous à froid dans l'acide nitrique, la liqueur étendue d'eau a été précipitée par le nitrate d'argent. On a lavé par l'eau chaude le chlorure d'argent, dont le poids moyen, obtenu par deux analyses parfaitement concordantes, a été trouvé de

$0^{g},3131$, ce qui correspond à $0^{g},06087$ ou à $2^{g},029$ pour cent d'acide muriatique dans le minéral.

(*B*) Dans la liqueur restante, après avoir d'abord séparé, au moyen de l'acide hydrochlorique, l'argent qui s'y trouvait en excès, et avoir bien lavé le précipité, on a fait passer un courant de gaz hydrogène sulfuré, qu'on a continué jusqu'à ce qu'il cessât de former un précipité noir (1). Ensuite on a traité le sulfure par l'acide ni-

(1) En précipitant le plomb par le gaz hydrogène sulfuré, préparé avec du sulfure de fer factice et de l'acide hydrochlorique, j'ai obtenu, dans les analyses de l'hedyphan et du polysphærit, des précipités d'une couleur *cramoisi*. Ces précipités prenaient ensuite une couleur noire; mais en les séparant promptement de la liqueur par filtration, ils gardaient leur couleur primitive. J'en ai soumis une petite quantité à l'influence de la lumière et de l'air pendant six semaines, sans avoir observé un changement dans la couleur. On sait qu'en précipitant le plomb par le gaz hydrogène sulfuré, il se forme au commencement de l'opération des précipités d'une couleur brun-rougeâtre, et que les précipités par les hépars présentent le même phénomène. Mais les couleurs de ces derniers précipités ne sont pas du tout constantes, et diffèrent beaucoup de celles que j'ai observées dans mes précipités. Je ne sais pas encore sous quelle circonstance ces précipités cramoisis se forment, mais il me semble que cela tient principalement à la présence d'un excès d'acide hydrochlorique dans la dissolution du plomb phosphaté. Ces précipités sont composés de plomb et de soufre; mais peut-être ce dernier s'y trouve-t-il dans une proportion plus grande que dans la galène? Je me suis bien assuré que ces précipités ne con-

trique concentré pour le transformer en sulfate. On en a obtenu 2g,0798 qui contiennent 1g,5885=52g,95 pour cent d'oxide de plomb.

(*C*) Alors j'ai précipité l'arsenic par le même gaz que j'ai fait passer par la dissolution jusqu'à ce qu'il ne se formât plus de précipité. Ensuite on a chauffé la liqueur (1), et on a fait repasser ce gaz, mais sans effet. Le sulfure d'arsenic a été traité par l'acide nitrique bien concentré pour transformer l'arsenic et le soufre en acides. De la liqueur, j'ai précipité l'acide sulfurique par le chlorure de barium. Le poids du sulfate de baryte m'a servi à calculer celui de l'arsenic du sulfure. J'en ai

---

tenaient point d'arsenic, et qu'ils n'étaient pas la combinaison basique de sulfure d'arsenic et de sulfure de plomb, laquelle présente à peu près la même couleur. J'ai obtenu également de ces précipités dans l'analyse du polysphærit, qui ne contient pas une trace d'arsenic. Je me propose de faire des expériences pour constater les circonstances sous lesquelles ces précipités se forment.

(1) En chauffant les liqueurs d'où l'arsenic avait été précipité par le gaz hydrogène sulfuré, j'ai senti souvent une odeur désagréable analogue à celle de l'ail ou du sélénium. Cela m'a déterminé à rechercher si les diverses variétés de phosphates de plomb contenaient de l'acide sélénique; mais je n'ai pu en découvrir la moindre trace. Cette odeur n'avait point d'analogie avec celle que le gaz hydrogène impur exhale; il semble vraisemblable que cette odeur provient d'une combinaison gazeuze qui se forme, en ce que le gaz hydrogène, en échappant de la liqueur, dissout du sulfure d'arsenic ou de l'arsenic.

obtenu $0^g,4464$ qui se combinent avec $0^g,237$ d'oxigène et forment $0^g,6834$ ou $22^g,78$ pour cent d'acide arsenique.

(*D*) On a ensuite ajouté de l'alcool dans la liqueur provenant de l'opération précédente, et la chaux qu'elle contenait a été dosée par l'acide sulfurique. On a obtenu $1^g,0267$ de sulfate de chaux calciné qui correspondent à $0^g,42102$ ou $14^g,034$ pour cent de chaux pure contenue dans ce minéral.

Les quantités de chlore, de plomb, d'acide arsenique et de chaux contenues dans ce minéral ayant été dosées par deux analyses avec le plus grand soin, on a déterminé celle de l'acide phosphorique par différence.

Voici les résultats de deux analyses faites sur 3 gr. d'*hedyphan* :

$1^g,58850$	oxide de plomb;
0 ,06087	acide muriatique;
0 ,42102	chaux;
0 ,68340	acide arsenique;
0 ,24621	acide phosphorique et perte.
3 ,00000	

L'hedyphan est donc composé, sur 100 parties, de :

$52^g,950$	oxide de plomb;
2 ,029	acide muriatique;
14 ,034	chaux;
22 ,780	acide arsenique;
8 ,207	acide phosphorique et perte.
100 ,000	

On de :

10^{s},289	chlorure de plomb ;
60 ,100	sous-arseniate de plomb ;
12 ,980	sous-arseniate de chaux ;
15 ,510	sous-phosphate de chaux ;
1 ,121	perte.
100 ,000	

Cette composition s'accorde assez bien avec la formule

$$Pb\,\underline{Cl} + 3 \left\{ \begin{array}{l} \dot{Pb}^3\,\underline{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{As}} \\ \dot{Ca}\,\underline{\overset{\cdot\cdot\cdot\cdot\cdot}{P}} \end{array} \right.$$

Les résultats de l'analyse de l'hedyphan sont en harmonie avec les raisonnemens que nous nous sommes permis de faire à la fin des recherches sur diverses variétés de *phosphate de plomb brun*. L'hedyphan forme un composé défini qu'on n'avait pas encore observé dans le règne minéral, mais dont l'existence pouvait être pressentie, depuis qu'on connaît l'isomorphisme des substances qui le composent. L'hedyphan est isomorphe à l'apatite et aux phosphates de plomb vert et brun, et il paraît que ce minéral forme une sorte de passage d'une espèce minéralogique dans une autre. Il devient assez difficile de fixer les limites de chaque espèce, sans agir arbitrairement, ou sans donner une grande extension à l'idée qu'on se forme de l'espèce minéralogique et sans élever à des espèces particulières, à cause d'une différence légère, plusieurs des minéraux dont l'analyse a

été l'objet du présent Mémoire, lesquels sont entre eux dans la relation la plus intime. Mais aussi celui qui voudrait essayer cette séparation trouvera de grandes difficultés pour fixer les espèces d'une manière convenable. Les divers phosphates de plomb *verts* diffèrent essentiellement par leur pesanteur spécifique et par leur nature chimique des phosphates de plomb *bruns*; mais entre ces derniers il y a encore des différences tant dans leurs caractères extérieurs que dans leur composition, et leur pesanteur spécifique, comme le fait voir le tableau présenté ci-dessus, principalement entre le polysphærit et le phosphate de plomb de Poullaouen. On observe des passages du premier jusqu'au dernier. Nous croyons, d'après cela, qu'il serait très-difficile d'opérer une séparation des diverses variétés de phosphate ou d'arseniate de plomb en espèces particulières, ou que les différences qu'on observe dans leurs caractères minéralogiques sont, dans quelques variétés, trop faibles, et même trop peu constantes. Si l'on voulait opérer de la même manière pour les variétés des autres espèces minéralogiques, et admettre qu'une légère différence dans les angles, dans la pesanteur spécifique, dans la dureté, et même dans la nature chimique est une raison suffisante pour séparer d'une espèce plusieurs variétés, en en formant une espèce distincte, le nombre des espèces croîtrait considérablement, à mesure des progrès des recherches minéralogiques. Un résultat important de la découverte des substitutions isomorphes des corps cristallisés est de nous faire apprécier par ces substitutions l'intime rapport qui existe entre les diverses espèces minéralogiques qu'on a créées dans ces derniers temps et de nous faire

reconnaître qu'on peut les réunir en groupes ou en familles. L'identité de l'espèce minéralogique est une conséquence de l'isomorphisme. En appelant substances isomorphes celles dont les combinaisons ont des formes de cristallisation et des caractères essentiels *semblables*, les *espèces minéralogiques* seront ces sections ou ces groupes du système minéralogique, dans lesquels la forme et les caractères essentiels des divers minéraux qu'ils comprennent ont de la ressemblance. Lorsque l'observation de différences essentielles *constantes*, dans les caractères, conduit à séparer un minéral de l'espèce minéralogique à laquelle il appartenait jusqu'à présent, et à en former une espèce particulière, la loi des substitutions isomorphes ne s'opposera pas à cette séparation, tout au contraire elle la confirmera ; car il résulte de l'expérience que l'analogie des caractères extérieurs est proportionnée à l'analogie de la nature chimique et à celle des molécules intégrantes, sinon dans le cas où le dimorphisme de combinaisons identiques fournit des résultats contraires.

Recherches *sur la Liqueur des Hollandais*,

Par M. J. Dumas.

La nature de la liqueur des Hollandais paraissait établie sur des expériences si décisives, qu'il ne serait venu à la pensée d'aucun chimiste d'en faire l'analyse, si M. Mo-

rin, jeune chimiste de Genève, n'avait émis à son sujet des idées fort singulières dans un Mémoire récent.

Sans remonter plus haut que le travail de MM. Robiquet et Colin, je vais rappeler les divers faits sur lesquels l'opinion des chimistes était basée relativement à ce produit. Les recherches de MM. Robiquet et Colin ont mis hors de doute :

1°. Que la liqueur des Hollandais est le produit de l'action du chlore sur l'hydrogène bicarboné;

2°. Que ces deux corps réagissent également bien l'un sur l'autre, qu'ils soient secs ou humides;

3°. Que la liqueur des Hollandais qui en résulte ne renferme pas d'oxigène, mais seulement du chlore, du carbone et de l'hydrogène.

Ils ne parvinrent pas à fixer les proportions relatives de ces trois corps, les méthodes d'analyse connues aujourd'hui n'étant pas encore d'un usage familier aux chimistes.

M. Gay-Lussac, peu de temps après, détermina la densité de la vapeur de la liqueur des Hollandais. Le nombre auquel il parvint étant exactement la somme des densités du chlore et de l'hydrogène carboné, il parut évident à tous les chimistes que ce liquide devait être formé de volumes égaux de chlore et d'hydrogène bicarboné.

Ces conclusions furent confirmées par une analyse directe faite par M. Despretz. Les détails de celle-ci n'ont jamais été publiés, mais l'auteur dit qu'en se servant de l'oxide de cuivre, il s'est assuré que la composition de la liqueur des Hollandais est telle qu'on l'avait admise d'après la densité de sa vapeur.

Depuis cette époque, divers chimistes ont étudié les réactions de ce liquide, et se sont servis de sa composition pour établir des calculs qui se sont trouvés d'accord avec l'expérience. Ainsi, M. Faraday, quand il découvrit les chlorures de carbone, n'hésita point à calculer la composition du chlorure solide, d'après celle de la liqueur des Hollandais qui le lui avait fourni. L'analyse de ce chlorure s'accordant avec le calcul synthétique, peut servir à confirmer, et de la manière la plus sûre, le résultat de l'analyse de la liqueur des Hollandais elle-même. M. Pfaff, dernièrement, par une observation très-curieuse, étant parvenu à transformer la liqueur des Hollandais en éther acétique sous l'influence de l'eau et de la lumière solaire, est venu offrir une double confirmation de la précision de cette analyse et de celle de l'éther acétique lui-même que nous avons faite M. Boullay et moi.

On voit par ce résumé, que si la composition de la liqueur des Hollandais est tout autre que celle qu'on a admise jusqu'ici, il faut supposer 1° que la densité de sa vapeur prise par M. Gay-Lussac est inexacte; 2° que l'analyse faite par M. Despretz l'est également; 3° que l'analyse du chlorure de carbone faite par M. Faraday l'est aussi; 4° et enfin qu'il en est de même de l'analyse de l'éther acétique faite par M. Boullay et moi.

On voit par quel chemin détourné je me trouve intéressé dans une question qui, au premier abord, ne se rattache en rien à mes recherches précédentes. Les résultats de nos analyses des éthers ont été assez remarquables pour que je n'aie pas dû négliger l'examen d'un corps dont la composition peut servir à les vérifier et à

les confirmer d'une manière aussi simple qu'élégante.

C'est long-temps après que les recherches précédemment énumérées ont été faites et classées dans la science, que M. Morin est venu, dans un mémoire très-détaillé, établir que la composition de la liqueur des Hollandais doit être représentée par une formule bien différente de celle que l'on a admise jusqu'ici.

En effet, d'après lui, cette liqueur serait formée de chlorure de carbone uni à de l'hydrogène bicarboné, c'est-à-dire de $C^2\ Ch^2 + H^6\ C$; ce qui ferait en poids.

C^8	= 301,2	ou bien	38,4	carbone
H^6	= 37,5		4,8	hydrogène
Ch^2	= 442,0		56,8	chlore
	780,7		100,0	

Pour admettre cette composition, il s'appuie sur l'analyse de la liqueur faite par l'ancien procédé de la décomposition par le feu. Entre des mains habiles, ce procédé, tout difficile qu'il soit à manier, peut donner de bons résultats, mais on a généralement renoncé à s'en servir, aujourd'hui que la sience en possède de plus sûrs. M. Morin se fonde en outre sur une observation qui lui est propre. D'après lui, le chlore, en agissant sur l'hydrogène bicarboné, donne naissance à de l'acide hydrochlorique. Il entre dans la liqueur et dans l'acide des quantités égales de chlore. Ce dernier résultat est en contradiction manifeste avec une observation de M. Faraday, qui a été faite dans des circonstances plus favora-

bles. Ce célèbre chimiste a découvert un iodure d'hydrogène carboné correspondant à la liqueur des Hollandais par sa composition. Cette matière se produit en mettant, au soleil, l'iode en contact avec l'hydrogène bi-carboné, et elle se forme par l'union pure et simple de l'iode avec l'hydrogène bicarboné, sans apparition d'acide hydriodique.

La supposition faite par M. Morin blesse donc tous les faits et toutes les analogies. Mais de tels motifs ne pouvaient suffire pour la faire rejeter, et j'ai dû recourir à des expériences directes.

Pour préparer la liqueur des Hollandais, j'ai fait arriver, comme à l'ordinaire, du chlore et de l'hydrogene bicarboné dans un grand ballon, en ayant soin que ce dernier gaz fût en excès. La liqueur obtenue, dépouillée d'acide par quelques lavages, a été rectifiée au bain marie sur du chlorure de calcium; on l'a fait bouillir ensuite jusqu'à ce que son point d'ébullition soit devenu fixe. C'est dans cet état qu'on l'a soumise à l'analyse.

Pour déterminer le carbone, je me suis servi de l'oxide de cuivre, mais je n'ai pas tardé à m'apercevoir que la décomposition était incomplète. De toutes les substances que j'ai eu l'occasion d'analyser ainsi, c'est celle qui offre le plus de résistance à la combustion. MM. Robiquet et Colin avaient déjà fait la même remarque, ce qui les avait empêchés d'en faire l'analyse. Pour la brûler, j'ai été forcé de diriger sa vapeur au travers d'une longue colonne d'oxide de cuivre entremêlé de tournure de cuivre grillée et chauffée au rouge bien décidé. J'enveloppe le tube, qui doit être en verre vert, d'une feuille de clinquant pour empêcher sa déforma-

tion ; alors la combustion se fait très-bien, et les gaz sont sans odeur.

0,121 de liqueur des Hollandais ont fourni 58 cm. cb. de gaz carbonique humide à 17° et 0,772.

100 parties de liqueur contiennent donc 24,6 de carbone, et non pas 39 comme l'admet M. Morin.

Ce résultat a été confirmé par des épreuves si multipliées, qu'il ne peut rester le moindre doute à son sujet.

Pour déterminer le chlore, j'ai pris le tube où s'était opérée la décomposition par l'oxide de cuivre, et je l'ai pulvérisé. La poudre ayant bouilli avec une dissolution de carbonate de soude à plusieurs reprises, on l'a jetée sur un filtre. La liqueur ainsi obtenue devant contenir tout le chlore à l'état de sel marin, on l'a évaporée pour la concentrer. Après l'avoir sursaturée d'acide nitrique, on l'a précipitée par le nitrate d'argent. Le chlorure d'argent obtenu a été pesé après avoir été fondu.

0,187 de liqueur des Hollandais ainsi traitée, ont fourni 0,543 de chlorure d'argent.

100 parties de liqueur contiennent donc 73,0 de chlore, et non point 56 comme l'admet M. Morin.

D'ailleurs dans les essais très-nombreux faits à ce sujet, on a toujours trouvé le chlore et le carbone dans le rapport de 1 at. à 2 atomes, et non dans celui de 1 à 4 qui résulte de la formule de M. Morin. Que la combustion fût ou non complète, le rapport du chlore au carbone a toujours été le même.

La détermination de l'hydrogène offrait de telles difficultés, que j'ai dû renoncer au procédé de l'oxide de cuivre. Je voulais arriver en effet à une détermination rigoureuse, car la présence d'un ou deux centièmes

d'hydrogène de plus ou de moins pouvaient avoir une grande importance sur l'ensemble des résultats. Heureusement que j'ai observé une réaction de la liqueur des Hollandais qui permet en quelques minutes d'en faire une analyse complète et aussi rigoureuse que l'analyse de l'eau.

En effet, mise en contact à froid avec le potassium, la liqueur des Hollandais exerce peu d'action sur ce corps au premier instant. Mais bientôt on voit paraître des bulles gazeuses dont le nombre et le volume vont toujours croissant; enfin la liqueur s'échauffe, le potassium entre en fusion, la réaction devient assez vive, et tout le potassium disparaît. Une poudre blanche remplace le métal. C'est du chlorure de potassium qui n'exerce pas la moindre réaction alcaline sur les papiers, ce qui confirme l'observation de MM. Colin et Robiquet sur l'absence de l'oxigène dans cette liqueur. Le gaz dégagé est de l'hydrogène bicarboné pur.

On voit aisément que pour faire l'analyse de la liqueur des Hollandais, il suffit de comparer l'action de volumes égaux de potassium sur l'eau et sur la liqueur elle-même.

J'ai employé des masses de potassium qui, mises en contact avec l'eau, donnaient 27 mesures de gaz hydrogène.

Avec la liqueur des Hollandais, j'ai obtenu :

27	de gaz hydrogène bicarboné.
27	*id.*
26,5	*id.*
28	*id.*

Pour faire l'expérience, je place la liqueur dans un tube sur le mercure, j'y fais arriver le globule de potassium, et je chauffe doucement jusqu'à ce que tout le potassium ait disparu.

Il est clair que le potassium dégage de la liqueur des Hollandais, en formant du chlorure de potassium, un volume d'hydrogène bicarboné égal à celui de l'hydrogène qu'il dégage de l'eau. D'où il résulte que le potassium qui, en agissant sur l'eau, prend un volume d'oxigène et en dégage deux d'hydrogène, prend en agissant sur la liqueur des Hollandais 2 volumes de chlore pour 2 volumes d'hydrogène carboné qu'il met en liberté. La liqueur est donc formée de volumes égaux de chlore et d'hydrogène bicarboné.

Le potassium fait donc l'analyse complète de la liqueur; mais si on veut ne considérer cet agent que comme un moyen de déterminer l'hydrogène, il peut servir à prouver que l'hydrogène et le carbone y sont à volumes égaux. Ce résultat, joint aux précédens, donnerait ainsi :

Carbone	24,6
Hydrogène	4,1
Chlore	73,0
	101,7

En calculant la composition de cette substance d'après la supposition admise qu'elle est formée de chlore et d'hydrogène bicarboné à volumes égaux, on trouve :

Carbone	24,6
Hydrogène	4,1
Chlore	71,3
	100,0

La liqueur des Hollandais résulte donc de l'union pure et simple du chlore avec l'hydrogène bicarboné. Ces deux gaz se combinent à volumes égaux ainsi qu'on l'avait admis.

Reste à expliquer la production d'acide hydrochlorique qui accompagne toujours la formation de cette liqueur. A cet égard, j'ai entrepris quelques essais, et j'ai toujours vu de l'acide hydrochlorique se produire en quantité très-notable dans quelque proportion qu'on ait mélangé les deux gaz. La remarque de M. Morin est donc juste; mais tandis qu'il regarde ce phénomène comme fondamental, les observations qui précèdent et celles que je vais énumérer me font penser qu'il est accidentel.

J'ai préparé du chlore et de l'hydrogène bicarboné très-pur l'un et l'autre. J'ai mesuré le chlore sur l'eau dans une longue éprouvette graduée; d'autre part, j'ai mesuré du gaz hydrogène bicarboné, et je l'ai fait passer dans l'éprouvette à chlore. L'eau est toujours devenue très-acide, quoique l'hydrogène carboné eût été long-temps en contact avec de la potasse, quoique j'eusse pris soin, dans quelques-uns des essais, de rendre l'eau légèremenalcal ine avant l'expérience. En examinant avec attention l'éprouvette qui contient le mélange, on voit en effet qu'à mesure que l'eau vient atteindre les

bulles de liqueur déposées sur ses parois, elle dissout quelque chose qui la rend assez dense pour la faire couler en stries visibles encore à une profondeur de près d'un pouce.

Quand le mélange contient un excès de chlore, la liqueur produite est fortement colorée en jaune; mais elle se décolore rapidement sous l'eau. Un volume d'hydrogène carboné en absorbe bien plus d'un de chlore, ce qui prouve qu'il s'est produit du chlorure de carbone, et par conséquent de l'acide hydrochlorique. Des phénomènes analogues se présentent, quand le gaz hydrogène carboné est en excès relativement au chlore, si l'on se contente de mêler tout d'un coup les deux gaz. Seulement la liqueur obtenue est tout-à-fait incolore. Voici quelques résultats de ce genre :

Chlore.	Hydrog. carb.	Résidu.	Rapport du chlore à l'hydr. carb.
100 cent. cub.	190 cent. cub.	80 hydr. carb.	100 : 88
200	240	100 *id.*	100 : 70
235	235	65 *id.*	100 : 73
255	255	40 *id.*	100 : 84
300	115	155 chlore	100 : 79

Dans tous ces essais, la température du gaz s'élève beaucoup. J'ai essayé de maintenir l'éprouvette sous l'eau pendant la réaction pour voir si la combinaison serait plus nette dans ce cas; mais le résultat a été le même, c'est-à-dire que 100 de chlore ont disparu avec 80 d'hydrogène carboné environ. On pourrait penser que le chlore est dissous par l'eau, mais je ne le crois pas. Comme on n'agite point l'eau avec laquelle il est en contact, il est facile de s'assurer que même après un

temps plus que double que celui qu'exige l'expérience, l'absorption n'est pas sensible, ou très-loin du moins de représenter le chlore disparu. Du reste, les expériences suivantes prouvent que la disparution d'une partie du chlore tient à une autre cause.

Réfléchissant que le chlorure de carbone ne se forme pas en vertu de l'action directe du chlore sur l'hydrogène carboné, mais bien par la réaction du chlore sur la liqueur des Hollandais elle-même, je fus conduit à en conclure que les deux gaz se combineraient en rapport convenable, si je pouvais empêcher la liqueur de se trouver en contact avec un excès de chlore. Je fis donc l'expérience d'une autre manière.

Je pris 370 cent. cub. d'hydrogène carboné que je fis passer dans une cloche contenant 120 cent. cub. de chlore. Lorsque le mélange fut décoloré, je le fis passer dans une autre cloche contenant 145 centim. cub. de chlore, puis dans une troisième où j'en avais mis 80 cm. cub., enfin, dans une quatrième où s'en trouvaient 135 centim. cub.; j'obtins un résidu de 120 centim. cub. de chlore entièrement absorbable par l'eau, sauf quelques traces d'air.

370 cm. cb. d'hydrogène carboné s'étaient donc combinés avec 360 cm. cb. de chlore.

Ce qui approche autant qu'il est nécessaire du résultat qui est indiqué par l'analyse.

J'ai voulu examiner l'action des gaz secs l'un sur l'autre. Pour cela, j'ai rempli de chlore sec un petit ballon de verre dans lequel j'ai fait ensuite un vide partiel. J'y ai fait passer de l'hydrogène carboné également sec. Les deux gaz ont paru d'abord ne point agir l'un sur l'autre;

mais au bout de quelque temps, le ballon s'est échauffé, tout comme cela a lieu avec les gaz humides, la liqueur s'est produite en abondance et a ruisselé sur les parois du ballon. En ouvrant celui-ci après son refroidissement et quand la réaction a paru terminée, l'air y est rentré sans produire le plus léger nuage. Il ne s'était donc pas formé d'acide hydrochlorique.

Quoi qu'il en soit des phénomènes variés et accidentels qui peuvent accompagner la formation de la liqueur des Hollandais, il est certain que c'est un composé de chlore et d'hydrogène bicarboné à volumes égaux. Deux volumes de ces gaz se condensent en un par la combinaison. C'est le résultat auquel conduit la densité de la vapeur de la liqueur des Hollandais observée par M. Gay-Lussac. Le nombre qui l'exprime, d'après ce célèbre physicien, est 3,448. Dans une expérience qui avait surtout pour objet de constater l'identité du produit que j'analysais avec celui qu'il avait soumis à cette épreuve, j'ai trouvé 3,46 pour la densité de sa vapeur. La densité calculée serait 3,421.

La liqueur que j'ai analysée bout à 86° c., sous la pression de 0,76.

On peut envisager la liqueur des Hollandais de plusieurs manières. On l'avait d'abord considérée comme un hydrocarbure de chlore, ou bien, dans les principes de la nomenclature générale, comme un chlorure d'hydrogène carboné. Mais les considérations qui engagent beaucoup de chimistes à rejeter les chlorures d'oxides, les ont portés à chercher un autre mode de combinaison. Il leur a paru peu vraisemblable que le chlore pût s'unir à l'hydrogène bicarboné.

M. Thenard a admis, il y a long-temps, qu'on pourrait prendre à l'hydrogène bicarboné la moitié de son hydrogène pour former de l'acide hydrochlorique, et alors le reste des élémens constituerait de l'hydrogène quadricarboné. On aurait ainsi

$$Ch\ H + C^2\ H.$$

L'expérience récente de M. Pfaff s'accorde peu avec cette manière de voir. On concevrait difficilement en vertu de quelle force cet éther agit sur l'eau pour produire de l'éther acétique en abandonnant son acide hydrochlorique.

Remarquons en outre que pour satisfaire aux résultats que vient de m'offrir l'action du potassium sur la liqueur des Hollandais, il faudrait admettre que l'hydrogène de l'acide hydrochlorique se combine au moment de la réaction avec l'hydrogène quadricarboné pour le ramener à l'état d'hydrogène bicarboné; hypothèse peu vraisemblable.

On pourrait envisager la liqueur des Hollandais comme une espèce particulière d'éther que je nommerais éther chloracétique. Je veux dire qu'en concevant le chlore combiné avec une partie de l'hydrogène carboné de manière à former un acide correspondant à l'acide acétique, le reste se trouvera précisément dans les proportions convenables pour éthérifier cet acide. La formule du composé serait alors :

$$Ch^8\ H^8\ C^8 + H^8\ C^8.$$

Celle de l'éther acétique pouvant être représentée par

$$O^4\ H^8\ C^8 + H^8\ C^8,$$

en considérant l'acide acétique hydraté comme un hydracide. Bien que l'expérience de M. Pfaff s'accorde avec cette manière de voir, elle n'est pas décisive, et il faudrait isoler l'acide que je suppose pour que la formule pût être admise.

En définitive, si l'analyse de la liqueur des Hollandais ne laisse plus d'incertitude, le mode d'union de ses élémens appelle encore de nouvelles expériences.

L'action du chlore sur l'alcool m'a offert des phénomènes plus compliqués. Outre le liquide oléagineux déjà connu, j'en obtiens un autre qui paraît tout-à-fait nouveau. Je ferai bientôt connaître les résultats que leur examen m'a fournis; mais je puis assurer que M. Morin n'a pas été plus heureux à l'égard de cette liqueur qu'à l'égard de la liqueur des Hollandais.

Recherches *sur plusieurs Phénomènes calorifiques entreprises au moyen du thermo-multiplicateur;*

Par MM. Nobili et Melloni.

Présenté à l'Académie des Sciences le 5 septembre 1831. — Commissaires, MM. Dulong et Arago.

Le thermo-multiplicateur est une espèce de thermoscope, dont la première idée est due à l'un d'entre nous qui en donna connaissance au public, l'année dernière,

par une note insérée dans la Bibliothèque universelle de Genève.

Cet instrument, qui a reçu depuis des perfectionnemens importans par nos soins réunis, sert à découvrir, comme son nom l'indique, les plus faibles sources de chaleur. Pour donner une idée de son extrême sensibilité, il nous suffira de dire qu'il est affecté par la chaleur naturelle d'une personne placée à la distance de 25 à 30 pieds.

Les principales pièces qui composent le thermo-multiplicateur sont : 1° une pile thermo-électrique ; 2° un galvanomètre à deux aiguilles, spécialement destiné aux courans thermo-électriques. C'est le premier de ces appareils qui constitue véritablement le corps thermoscopique ; le second sert de simple indicateur. La chaleur excite des courans électriques dans la pile ; ces courans passent par deux fils métalliques qui joignent ensemble les deux appareils, se transmettent au galvanomètre, et agissent par influence sur l'aiguille aimantée en la faisant tourner autour de sa position naturelle d'équilibre d'une quantité plus ou moins grande, selon l'intensité de la source calorifique.

On sait que le calorique peut se transmettre immédiatement d'un corps à l'autre, ou se propager à distance par rayonnement : de là deux espèces de recherches thermoscopiques qui exigent chacune une pile particulière.

Sans entrer dans tous les détails de construction, nous nous bornerons, pour le moment, à indiquer la précaution générale que l'on prend de teindre avec du noir de fumée l'extérieur des piles destinées aux expériences du

calorique rayonnant, et la raison en est facile à saisir lorsqu'on se rappelle la propriété bien connue que possèdent les surfaces noircies d'absorber les rayons calorifiques. Quant à la chaleur qui se propage immédiatement de l'un à l'autre corps, il est évident que la couche de noir de fumée serait nuisible à cause de son imparfaite conductibilité : c'est pourquoi les piles construites dans le but d'apprécier la chaleur de contact doivent être débarrassées à leurs surfaces de toute substance étrangère, et conserver leur brillant métallique.

Il y avait quelques obstacles à vaincre dans la construction des piles pour le calorique rayonnant. Après plusieurs essais, nous nous sommes arrêtés à la disposition suivante, qui a été appliquée avec succès sur plusieurs appareils semblables à celui que nous avons l'honneur de présenter à l'Institut.

Dans cet instrument, la pile est composée de 38 élémens (1) d'antimoine et de bismuth, de forme prisma-

---

(1) MM. Fourier et OErsted avaient annoncé que dans les piles thermo-électriques, l'effet augmentait avec le nombre des élémens, mais diminuait presque dans la même proportion avec la longueur du circuit, de manière qu'on ne gagnait rien, ou très-peu de chose, en doublant ou en triplant le nombre des élémens, lorsqu'on leur conservait la même longueur (*Annales de Chimie*). Nous pensons que les expériences de ces deux illustres physiciens n'ont été ni assez variées ni assez exactes pour en déduire une loi générale. Les premières piles, construites dans l'idée d'apprécier le calorique de contact, n'étaient formées que de six élémens (*Bibliothèque universelle*) : nous

tique aplatie *aa'*, *bb'*,..... soudés ensemble alternativement sous des angles très-aigus, de manière à former une chaîne métallique continue, disposée en divers rangs parallèles, communiquant par leurs extrémités plus proches. Les rangs sont de différentes longueurs, afin de les faire tenir dans un cercle *MN* qui les embrasse tous transversalement vers leur ligne mitoyenne. Il est presque inutile de dire que les élémens ne se touchent entre eux que par les endroits soudés, et que ces pièces métalliques sont électriquement isolées du cercle qui les soutient.

Au moyen de cette disposition, les soudures impaires, 1, 3, 5, etc., se trouvent toutes d'un même côté, et dans un même plan parallèle à celui du cercle : elles forment une des *faces* de la pile ; les soudures paires, 2, 4, 6, etc., sont tournées du côté opposé, et constituent la seconde face.

Ceux qui connaissent la nature des piles thermo-électriques, et la manière de les mettre en activité, concevront immédiatement le jeu de l'appareil. Les communications avec le galvanomètre étant établies, si la température se maintient parfaitement égale des deux côtés, les forces électromotrices ne changent pas, et l'indicateur ne donne aucun signe de mouvement ; mais

---

en avons successivement porté le nombre jusqu'à 62 dans les piles pour le calorique rayonnant, en maintenant toujours constante leur longueur, et la sensibilité de nos appareils s'est sans cesse accrue d'une quantité notable à chaque nouvelle augmentation.

s'il arrive la moindre variation calorifique dans l'une seule des deux faces, tandis que l'autre ne subit aucun changement, on obtient aussitôt des courans d'électricité qui parcourent le circuit métallique, et font dévier plus ou moins l'aiguille du galvanomètre dans l'un ou l'autre sens, selon la force et la nature de la variation thermométrique.

Chaque côté de la pile porte une enveloppe particulière en métal, dont la forme change avec le genre des phénomènes calorifiques que l'on se propose d'examiner. Dans le cas ordinaire, où il s'agit de découvrir les petites différences de température qui existent entre l'atmosphère et les corps fort éloignés de l'instrument, une des faces de la pile est environnée d'une enveloppe conique *R* qui fait l'office de réflecteur; l'autre porte un tube cylindrique *T*. Chaque appendice est muni d'un couvercle afin de pouvoir le fermer ou l'ouvrir à volonté.

Une tige à vis *F* fixée sur le cercle dans une direction perpendiculaire aux élémens sert à établir l'appareil sur un support qui peut le faire tourner dans tous les sens. De l'autre côté du cercle on trouve deux petites chevilles *C*, *C'* légèrement coniques; elles sont soudées intérieurement aux extrémités de la pile.

Pour mettre l'instrument en activité, on n'a qu'à introduire chaque cheville dans une des clés à ouverture conique *F*, *F'* fixées aux bouts des fils qui servent à établir les communications avec le galvanomètre.

C'est avec des appareils de cette nature que nous avons entrepris les recherches thermoscopiques dont nous allons présenter l'ensemble; nous réservant de donner

les détails particuliers de chaque expérience lorsque notre travail aura pris tous les développemens dont il est susceptible.

Expériences comparatives sur la sensibilité du thermo-multiplicateur et des thermoscopes.

La première obligation que nous imposait la découverte du thermo-multiplicateur était une comparaison exacte à faire entre la sensibilité du nouvel appareil thermoscopique et celle des divers instrumens du même genre employés jusqu'à ce jour dans les cabinets de physique. Nous avons en effet disposé plusieurs expériences comparatives qui toutes ont tourné à l'avantage du thermo-multiplicateur ; mais il nous faut avouer que ces expériences ne sont pas entièrement décisives à cause du petit nombre et de l'imperfection des instrumens qui se trouvaient à notre disposition. Il serait donc superflu d'exposer nos observations à cet égard ; cependant nous ne pouvons passer sous silence une remarque importante sur une imperfection qui existe dans tous les anciens appareils thermoscopiques, imperfection qui les rend quelquefois tout-à-fait inutiles.

Quand on expose une lame de verre au soleil, ou à toute autre source de chaleur, les rayons calorifiques qui tombent sur sa face antérieure se divisent en deux parties : l'une pénètre instantanément dans la substance même du verre, et la traverse sous forme rayonnante ; l'autre s'arrête d'abord dans les premières couches, s'y accumule successivement jusqu'à ce qu'elle ait acquis un certain degré de force, et se propage ensuite de proche

en proche jusqu'à la surface postérieure.* Il est bien prouvé, par les expériences de Laroche, que la première partie est d'autant plus petite, par rapport à la seconde, que la température de la source calorifique est moins élevée; d'où il résulte évidemment que, si les rayons proviennent d'une source très-faible, leur passage immédiat à travers le verre devient sensiblement nul. Mais dans tous les anciens thermoscopes, la substance thermoscopique est couverte d'une enveloppe en verre; ces instrumens ne peuvent donc servir, dans certains cas, à dévoiler la présence du calorique rayonnant; car si un corps chaud, dont la température soit très-peu élevée au-dessus de celle du milieu ambiant, ne fait que passer devant l'appareil, ses rayons seront tous arrêtés à la première surface de l'enveloppe, et ne pourront s'y réunir en quantité suffisante pour se transmettre de couche en couche jusqu'à la surface intérieure et à la substance thermoscopique.

Ce défaut n'existe point dans notre instrument, qui reçoit l'influence directe de la chaleur rayonnante, et développe aussitôt les courans électriques qui mettent l'aiguille en mouvement. En effet l'expérience de comparaison a parfaitement réussi.

Un thermo-multiplicateur et un thermoscope de Rumford furent placés vers l'un des bouts d'une longue table; à l'autre extrémité on posa un récipient rempli d'eau tiède, que l'on couvrit latéralement, et du côté des appareils, au moyen d'un écran. On ôta l'écran, et on l'abaissa aussitôt, de manière à établir une communication instantanée entre le récipient et les appareils : l'index du thermoscope de Rumford resta immobile,

tandis que l'aiguille du thermo-multiplicateur parcourut plusieurs degrés. Il importe de faire observer que le thermoscope était sensible à la chaleur du vase, lorsqu'au lieu d'abaisser de suite l'écran, on le conservait levé pendant quelque temps.

Passage instantané de la chaleur rayonnante à travers les corps transparens.

La chaleur rayonne librement dans l'air atmosphérique, elle traverse aussi sous forme rayonnante le verre et le cristal ; on serait donc tenté de croire que le passage instantané des rayons calorifiques à travers les corps dépend des mêmes circonstances qui donnent lieu à leur perméabilité par les rayons lumineux ; ou, en d'autres termes, on dirait que le passage instantané de la chaleur rayonnante à travers les corps dépend de leur degré de transparence. C'est en effet ce qui a lieu généralement, car les rayons calorifiques traversent avec plus ou moins de facilité le sulfate de chaux, le mica, l'huile, l'alcool et l'acide nitrique. Nous nous en sommes assurés par l'expérience suivante.

Des lames ou des couches de ces différentes substances furent placées successivement à l'extrémité de l'appendice cylindrique dont l'axe était vertical et supérieur au réflecteur. On faisait passer rapidement au-dessus et à une certaine distance, un boulet de fer chauffé dans des charbons ardens ou dans de l'eau bouillante, et à l'instant même on voyait l'aiguille aimantée se dévier plus ou moins de sa position d'équilibre.

Mais si la loi générale du mouvement rapide de la

chaleur dans les substances diaphanes se trouve établie pour les corps ci-dessus énoncés, elle est tout-à-fait en défaut à l'égard du liquide le plus utile, et le plus universellement répandu dans la nature. L'eau intercepte le passage instantané des rayons calorifiques, elle l'intercepte totalement; et l'obstacle qu'elle lui oppose est tellement insurmontable, que vainement nous avons réduit la grosseur de la couche liquide à la moindre épaisseur, vainement nous avons chauffé le boulet jusqu'au rouge, et ralenti son mouvement de traversée au-dessus du thermo-multiplicateur, l'index s'est toujours maintenu dans la plus parfaite immobilité.

D'après les expériences précédentes, on ne pouvait pas soupçonner que cette propriété singulière de l'eau dérivât de son état de liquidité, puisque l'alcool, l'huile et l'acide nitrique, tout en partageant la même constitution physique, se comportaient d'une manière opposée. On était donc en droit d'en tirer la conséquence, que l'effet était dû à la composition chimique. Cependant nous voulûmes résoudre la question d'une manière directe en essayant l'expérience sur l'eau solide. A cet effet, nous prîmes deux lames minces de glace bien transparente; nous les appliquâmes aux appendices du thermo-multiplicateur, qui dans ce cas étaient toutes deux cylindriques, et parfaitement égales : par ce moyen, le rayonnement vers la glace étant tout-à-fait pareil des deux côtés, l'aiguille se plaça au zéro de son échelle. Alors nous présentâmes le boulet chaud à une petite distance de la lame de glace supérieure : l'aiguille ne fit aucun mouvement.

Ces expériences, que nous avons plusieurs fois répé-

tées, montrent avec la dernière évidence que l'eau doit à une propriété particulière, dépendante de la nature de ses molécules, l'exception remarquable qu'elle présente dans la classe des corps diaphanes d'arrêter complètement le passage instantané de la chaleur rayonnante.

Chaleur propre des insectes, du phosphore et de la lumière lunaire.

On a admis pendant long-temps que les insectes n'ont pas de chaleur propre, et, qu'à l'instar des corps bruts, ils prennent toujours la température du milieu ambiant. Cependant l'acide carbonique qui se forme dans l'atmosphère sous l'action de ces petits animaux mettait hors de doute l'existence d'une combustion lente dans l'intérieur de leur corps, combustion qui devait nécessairement produire un certain dégagement de chaleur. C'est en effet ce qui fut démontré plus tard par les expériences de John Davy. Ce physicien mesura la température de plusieurs insectes en introduisant dans leur corps, au moyen d'une incision, la boule d'un très-petit thermomètre, et s'aperçut que généralement elle était un peu supérieure à la température actuelle de l'atmosphère. Nous disons généralement, car l'auteur rencontra, sur onze insectes pris dans différentes classes, deux exceptions : l'une sur un *scorpion*, l'autre sur un *julus*, dont la température, au lieu d'être plus forte que celle de l'air, se trouve au contraire plus faible d'environ huit dixièmes de degré centigrade (*Ann. de Chim. et de Phys.*)

On peut reprocher à la méthode de Davy 1° de n'être

applicable qu'aux insectes d'une certaine grosseur ; 2° de ne pas donner la température de l'animal dans l'état naturel, mais bien celle qu'il possède dans un état de violence et de douleur ; 3° de conduire à des résultats peu comparables, et toujours inférieurs aux températures réelles, par la soustraction plus ou moins grande de calorique qui a lieu au contact du thermomètre, dont la masse comparée à celle de l'insecte est toujours considérable, et par le froid variable produit dans l'évaporation des humeurs qui suintent de la blessure. A cette dernière cause d'erreur on doit peut-être attribuer les deux résultats négatifs obtenus par Davy.

Nous avons donc pensé que la question de la chaleur animale des insectes n'était pas suffisamment résolue par les expériences du physicien anglais, et que ses observations, pour prendre place dans la science, devaient au moins être confirmées par une méthode différente.

Or le thermo-multiplicateur légèrement modifié offre un moyen bien simple de répéter les recherches expérimentales de Davy, sans tomber dans les inconvéniens que nous venons de signaler.

Que l'on se figure en effet les deux appendices cylindriques du thermo-multiplicateur très-raccourcies, et terminées par des segmens sphériques en cuivre jaune bien poli ; le rayonnement des corps extérieurs sera totalement intercepté par l'enveloppe métallique, et les deux pièces additionnelles étant égales, leur rayonnement propre vers chaque face de la pile se compensera exactement : l'aiguille aimantée conservera sa position naturelle.

Que l'on imagine maintenant un insecte placé à la

moitié du rayon d'un des segmens et retenu dans cette position sans le gêner par un réseau en métal dont les fils soient bien fins et le tissu fort clair ; il est évident que la plus grande partie des rayons calorifiques qui partent du corps de l'animal, ou tomberont directement sur la face voisine de la pile, ou s'y concentreront après avoir subi une réflexion sur le petit miroir sphérique environnant. De cette manière on pourra faire agir sur un des côtés de l'appareil presque toute la chaleur rayonnante de l'insecte, qui se trouvant intact et parfaitement libre dans ses mouvemens, possédera pendant l'expérience sa vraie température à l'état naturel. Or, s'il y a réellement un excès de chaleur de l'insecte sur l'atmosphère, l'aiguille devra nécessairement l'indiquer par une déviation constante du côté de l'animal. C'est précisément ce que nous avons trouvé dans toutes nos expériences.

On peut donc admettre comme une vérité incontestable que les insectes possèdent une température tant soit peu supérieure à celle du milieu ambiant.

Nous ne nous étendrons pas trop sur les noms des différens insectes soumis à l'épreuve de notre appareil et sur les effets produits par chacun d'eux en particulier ; il suffira de dire que nous avons opéré sur plus de quarante espèces indigènes prises dans toutes les classes et dans tous les états de métamorphose où se trouvent successivement ces animaux.

Les différences de déviation arrivèrent quelquefois à 30° ; mais tous les écarts de l'aiguille furent positifs ; c'est-à-dire dans le sens calorifique de l'insecte ; il n'y eut point d'exceptions à cet égard.

En comparant entre eux les résultats obtenus sur *l'ordre des Lépidoptères*, nous avons reconnu une loi qui nous semble digne de remarque. La voici : « Les « chenilles possèdent toujours une température plus « élevée que les papillons et les chrysalides. »

Or, le système respiratoire des insectes à l'état de chenille est beaucoup plus développé que celui de ces mêmes animaux métamorphosés en chrysalides ou en papillons ; et on dirait à ces signes que l'insecte, dans la première période de sa vie, où sa nourriture est abondante et sa croissance rapide, convertit en acide carbonique une quantité d'oxigène beaucoup plus grande que dans les périodes subséquentes. Il s'ensuivrait, en admettant ces considérations et la loi énoncée, que la chaleur de l'animal varierait, pour ainsi dire, proportionnellement à la quantité d'oxigène employé dans l'acte de la respiration.

La théorie qui attribue la chaleur animale à une combustion lente du sang, semble donc appuyée, non-seulement par la comparaison des oiseaux et des mammifères, des mammifères et des reptiles, qui ont un degré de chaleur propre d'autant plus élevé, que leur système respiratoire est plus actif ; mais aussi par le rapport qui règne entre la vivacité de la respiration de certains insectes et leur température.

Il existe plusieurs corps qui, comme les insectes, donnent lieu à croire qu'ils possèdent une température un peu différente de celle de l'atmosphère. On peut les soumettre aussi à la même épreuve du thermo-multiplicateur. C'est ainsi, par exemple, que nous avons obtenu une déviation de 50° en introduisant dans l'inté-

rieur de notre appareil un très-petit morceau de phosphore, substance qui, au contact même du thermomètre le plus délicat, ne donne aucun indice de chaleur.

Le phosphore était cité comme preuve d'un dégagement de lumière dénué de calorique : on voit que, dans ce cas, la prétendue séparation des deux agens n'est point réelle. Or, on admet un autre exemple du même genre qui, d'après ce que nous avons observé sur la lumière phosphorique, semblait devoir conduire au même résultat : les rayons lumineux de la lune. Nous essayâmes d'évaluer l'influence calorifique de ces rayons, en les faisant tomber sur une des faces découvertes de la pile, après les avoir concentrés au moyen d'un miroir concave métallique; mais nous trouvâmes un obstacle très-fort dans le froid des régions célestes. L'effet produit sur le thermo-multiplicateur par le seul aspect du ciel serein est si grand que l'index magnétique se trouve presque poussé au *maximum* de divergence. Or il est facile de se convaincre que la force nécessaire pour faire varier la déviation d'un angle déterminé doit être d'autant plus grande que l'écartement est plus fort; l'aiguille aimantée se trouvant ici précisément dans le cas d'un pendule placé à différens degrés d'obliquité, qui pour changer à chaque fois sa divergence d'une quantité constante, exige un effort croissant avec la distance de la tige à la verticale.

Pour faire de bonnes expériences sur la chaleur lunaire, il aurait donc fallu neutraliser avant tout l'influence frigorifique du ciel, et ramener l'aiguille du thermo-multiplicateur à sa position naturelle d'équilibre. Les différens moyens que nous avons mis en œuvre pour

atteindre ce but ne nous ont point complètement réussi ; mais nous croyons pouvoir assurer que, si les rayons de la lune possèdent réellement une température propre, elle ne peut arriver qu'à une fraction de degré excessivement petite.

Au surplus, nous nous proposons de répéter nos expériences avec des moyens plus efficaces et des circonstances plus favorables.

Pouvoirs émissif, absorbant et réflecteur.

On connaît les belles expériences de Leslie et de Rumford sur les différentes facultés que possèdent les corps de réfléchir, d'absorber ou d'émettre la chaleur rayonnante; elles peuvent se répéter avec la plus grande facilité au moyen du thermo-multiplicateur.

Veut-on comparer entre elles les facultés réfléchissantes? Il suffit pour cela de disposer horizontalement un des réflecteurs façonné en lame plane; de faire tomber dessus les rayons calorifiques, et de les recevoir après la réflexion sur une des faces de la pile. Pour donner aux rayons une direction convenable, on se sert d'un tube de fer blanc ou de carton noirci dans l'intérieur et incliné à l'horizon de 45°. On adapte à l'un des côtés de la pile un tube de même nature auquel on donne une inclinaison pareille de l'autre côté de la verticale. Enfin on présente la main à l'ouverture supérieure du premier tube, et on note la déviation de l'aiguille. L'opération, répétée sur différens corps, donne les rapports cherchés.

Cette manière d'expérimenter présente plusieurs avantages. D'abord elle donne des résultats bien comparables,

car on ne saurait imaginer une source de calorique aussi rigoureusement constante pour plusieurs heures, que la température du corps humain (1). Elle est en outre d'une exécution prompte, facile, et applicable à toute sorte de surfaces tant solides que liquides.

En l'appliquant aux substances métalliques, nous avons reconnu que le mercure est le meilleur réflecteur du calorique; viennent ensuite le cuivre et les autres métaux dans l'ordre indiqué par Leslie.

Le poli augmente le pouvoir réfléchissant, mais bien moins qu'on ne le pense ordinairement. En substituant une lame de laiton brut et tel qu'il sort de la fonte, à une lame de même qualité, mais tirée au dernier degré de poli, nous n'avons observé qu'une diminution de deux degrés sur 36°.

---

(1) On nous demandera peut-être des preuves pour admettre une telle constance de température dans la main, qui semble souvent gelée en hiver, brûlante en été. Les sensations de froid et de chaud que l'on éprouve dans cette extrémité du corps peuvent bien indiquer, entre des époques très-éloignées, des variations réelles de température; mais il est bien sûr que, lorsque l'état atmosphérique ne subit pas de grands changemens, la main d'un homme sain conserve exactement le même degré de chaleur pendant une grande partie de la journée : car si l'on fait parvenir, directement ou indirectement, sa chaleur rayonnante sur l'une des faces de la pile, et si, après avoir noté la déviation de l'aiguille on répète l'expérience à trois ou quatre heures d'intervalle, on trouve précisément le même résultat.

Les substances non métalliques n'ont presque aucune faculté de réfléchir la chaleur, quel que soit d'ailleurs l'état de leurs surfaces.

Nous ne dirons rien sur le pouvoir émissif dont l'étude nous a conduits à des résultats déjà connus ; mais qu'il nous soit permis d'entrer dans quelques détails sur nos expériences relatives à la faculté absorbante.

La méthode que nous avons employée est très-simple. On colle les substances dont il s'agit de connaître la force d'absorption sur des disques égaux en fer blanc, qui portent du côté opposé une tige centrale perpendiculaire à la surface. On les expose ensuite pendant quelques instans aux rayons solaires, et on les présente par couples au thermo-multiplicateur muni de deux appendices cylindriques, en les appliquant aux ouvertures mêmes des tubes. Chaque disque lance vers la face correspondante de la pile la chaleur acquise, et l'index magnétique tourne du côté où le rayonnement est plus fort. Pour avoir une contre-épreuve, il n'y a qu'à changer les places respectives des disques, et observer si l'aiguille tourne en sens contraire.

En opérant de la sorte, on n'obtient pas de résultats absolus, mais on connaît, avec la plus grande certitude, si telle surface est douée d'un pouvoir absorbant plus fort que telle autre.

Or, voici l'ordre que nous avons suivi dans nos recherches.

Il fallait s'assurer avant tout si, comme on l'admet depuis long-temps, l'état et la couleur des surfaces influent sur le pouvoir absorbant.

Pour résoudre la première de ces questions, nous

nous sommes servis du même moyen employé par Rumford dans ses expériences sur le pouvoir émissif. L'un des disques métalliques se trouvait à l'état naturel ; l'autre était couvert de rayures : le mouvement de l'aiguille eut lieu constamment du côté du disque rayé.

Quant à la seconde question, on ne pouvait la résoudre directement, puisqu'en changeant la couleur d'une surface, on altère nécessairement la nature chimique de la substance qui la compose. Il fallait donc recourir à une solution indirecte. A cet effet, nous avons teint plusieurs couples de disques en noir, ou en blanc, avec toutes sortes de couleurs végétales et minérales ; nous en avons couvert d'autres avec des lames de marbre ou de bois, avec des étoffes de soie, de laine, de coton ; tout cela de couleur noire ou blanche. L'absorption a été toujours plus forte dans les surfaces noires. Or, si l'effet a lieu quelle que soit la composition chimique des matières colorantes, il faut bien conclure qu'il en est indépendant, et qu'il dérive de la simple action de la couleur.

Ainsi l'état et la couleur des surfaces ont une influence marquée sur le pouvoir absorbant. Mais ces deux circonstances sont-elles les seules qui communiquent aux corps la faculté d'absorber les rayons calorifiques ?

Pour le savoir, il fallait d'abord se rendre indépendant desdites circonstances d'état de surface et de couleur ; c'est ce que nous avons fait en prenant des étoffes blanches de coton, de soie, de laine, de chanvre et de lin, exactement pareilles dans la grosseur des fils, dans le tissu et dans la nuance. De cette manière il n'y avait à

craindre, ni l'effet provenant de l'état ou de la couleur pure des surfaces, ni l'action due à la composition chimique des matières colorantes, puisque les différentes substances employées dans la confection de ces étoffes sont naturellement blanches. Les cinq tissus furent appliqués, avec de la gomme, sur autant de disques, exposés au soleil, et présentés au thermo-multiplicateur, comme nous l'avons indiqué tout à l'heure. Nous obtînmes l'ordre suivant de force absorbante : *soie*, *laine*, *coton*, *lin* et *chanvre*.

C'est tout juste l'ordre inverse des conductibilités.

Il n'y a pas de grandes différences dans le ton ou la valeur des teintes que possèdent naturellement les métaux ordinaires, et si l'on en excepte le plomb et l'étain, on peut leur communiquer à tous un degré presque égal de poli. Nous couvrîmes donc plusieurs disques de lames métalliques égales, et en les soumettant à l'épreuve du thermo-multiplicateur, nous eûmes le même résultat. L'échelle de conductibilité des métaux est, comme l'on sait, *cuivre*, *argent*, *or*, *acier*, *fer*, *étain* et *plomb*.

Celle que nous avons établie au moyen de nos expériences sur le pouvoir absorbant s'obtient en renversant précisément l'ordre des conductibilités.

On trouve dans la nature plusieurs minéraux qui affectent la couleur jaunâtre des substances ligneuses : nous prîmes en conséquence des plaques de bois et de pierre, égales autant que possible, quant à l'état et à la couleur des surfaces, et nous répétâmes sur elles les mêmes expériences que sur les métaux et les tissus. Les bois, qui sont plus mauvais conducteurs que les miné-

raux, furent encore ceux qui donnèrent la plus grande force absorbante.

Enfin, nous comparâmes le plomb à une pierre de couleur analogue. La substance moins conductrice se montra toujours la plus absorbante ; c'est-à-dire que la pierre donna une force d'absorption supérieure à celle du plomb.

Au premier abord, on serait tenté de croire qu'un tel rapport inverse entre le pouvoir absorbant et la conductibilité n'est qu'apparent, et dérive de la résistance plus ou moins grande que le mouvement de la chaleur éprouve par l'action des corps : de telle sorte que le calorique, ne pouvant passer librement dans les couches intérieures de la substance peu conductrice, s'accumule à sa surface en quantité plus grande que dans les substances douées d'une meilleure conductibilité. Mais alors la surface postérieure, dans le disque composé de matière peu conductrice, devrait évidemment acquérir une température moins élevée que dans le disque formé par le corps qui conduit mieux la chaleur ; et en tournant du côté de la pile la face de chaque lame qui n'a pas reçu l'impression directe des rayons solaires, on devrait obtenir un effet inverse. Or cela n'a point lieu, car, quelles que soient les surfaces des deux lames que l'on présente au thermo-multiplicateur, on obtient toujours le même résultat : l'aiguille tourne constamment dans le sens calorifique de la plaque moins conductrice. L'élévation de température y est donc réellement plus forte ; ou, en d'autres termes, il y a un excès réel dans la quantité de chaleur absorbée.

Concluons que : « A égalité de circonstances dans la

« couleur et l'état de surface, un corps est d'autant plus « doué de pouvoir absorbant, que sa conductibilité est « moindre. »

Cette loi, nouvelle et inattendue, nous semble destinée à jouer un grand rôle dans la théorie du calorique rayonnant.

Bulletin *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du 15 *août* 1831.

Le ministre des travaux public adresse l'ordonnance royale qui confirme l'élection faite dans la séance dernière de M. Adrien de Jussieu.

M. Thiébaut de Bernaud se présente pour succéder à M. Ivart dans la section d'agriculture. Sa lettre est renvoyée à la section.

M. Castel annonce avoir reconnu l'identité de l'électricité et du calorique. Sa lettre est renvoyée à l'examen d'une commission.

M. Mège adresse un Essai critique sur le spiritualisme en général et sur ses applications à la philosophie et aux sciences.

M. Perrin demande l'avis de l'Académie sur une question relative aux machines à vapeur, et sur laquelle il annonce qu'un rapport erroné a été fait par un expert à la Cour royale.

L'Académie arrête qu'il sera répondu à M. Perrin qu'elle ne peut intervenir d'office dans une affaire pendante devant les tribunaux.

M. Turpin communique des Observations sur les cristaux qui se montrent dans la coque des œufs du colimaçon des jardins.

On reçoit un Mémoire de M. Urbain Lampredi sur la théorie géométrique des lignes parallèles.

M. Coste lit un précis des résultats de recherches sur l'évolution des embryons des oiseaux.

M. Girou de Buzareingue donne par écrit des explications sur les moyens dont il s'est servi pour enlever dans une chenevière les individus mâles.

M. l'amiral Roussin écrit de Lisbonne pour se rappeler au souvenir de l'Académie et s'excuser de son peu d'assiduité. Il lui sera adressé des félicitations sur l'heureux succès que la marine française vient d'obtenir sous son commandement.

M. Douville présente le Résumé d'un voyage dans l'intérieur de l'Afrique, et prie l'Académie de nommer des commissaires pour prendre connaissance des productions qu'il a rassemblées sur sa route.

M. Deshayes lit un Mémoire sur la distribution des coquilles fossiles dans les couches du globe.

On nomme des commissaires pour un Mémoire sur les déterminations de l'orbite des comètes par M. Benjamin Valz.

Séance du 22 août 1831.

M. Deleau adresse l'ensemble de ses recherches sur le traitement des sourds-muets. Elles sont renvoyées à l'examen de la Commission que l'Académie avait anciennement chargée de suivre les expériences de ce médecin.

Un paquet cacheté, portant pour suscription : *Description de deux procédés nouveaux applicables à l'artillerie*, par M. Godin, sera déposé au secrétariat, conformément au vœu de l'auteur.

MM. Julia Fontenelle et Gannal offrent de se soumettre à toutes les expériences que l'Académie jugerait convenable de faire pour reconnaître les propriétés nutritives de la gélatine.

Le ministre du Commerce transmet une ampliation de l'ordonnance royale qui approuve l'élection faite par l'Académie de M. Costaz pour remplir une place d'académicien libre.

M. Ferraud de Missole adresse deux Mémoires manuscrits, intitulés :

Fièvre tierce intermittente subintrante, guérie par la salicine ;

Affection hystérique, compliquée d'aménorrhée et

d'hémoptisie avec abstinence complète pendant 17 mois, suivie de guérison.

M. Lamarre-Picquot adresse quelques remarques concernant le Rapport dont a été l'objet le Mémoire qu'il avait présenté sur le *Bombyx paphia*.

M. Monnin transmet un Mémoire contenant la description de certains moyens pour se préserver des naufrages.

M. Léon Dufour, correspondant de l'Académie, écrit de St.-Sever, département des Landes, que le 10 août dernier le soleil était rond, blanc et tellement faible, quoique le ciel ne fût pas couvert de nuages proprement dits, qu'on pouvait le regarder sans que les yeux en fussent blessés. M. Arago annonce que des lettres qu'il a reçues de Bordeaux et de Perpignan prouvent que les mêmes circonstances atmosphériques ont régné dans tout le midi.

M. Gensoul écrit qu'ayant inventé depuis plusieurs années un moyen pour écrire, ou mieux encore, pour imprimer aussi vite que l'on parle, qui paraît avoir quelque analogie avec celui de M. Galli, il désirait ne point passer pour plagiaire. On invitera M. Gensoul à adresser sans retard à l'Académie la description de sa machine.

M. Leroy d'Étioles transmet les dessins de trois instrumens qu'il a imaginés pour assujettir solidement les pierres dans les instrumens de lithotritie.

M. Geoffroy communique une Lettre de M. Lambert dans laquelle on rend compte d'une flamme qui, à plusieurs reprises, est sortie de terre, près de Coulommiers, sans aucune apparence de fumée.

M. Arago ayant appris indirectement que le ministre de la marine se propose d'envoyer un bâtiment dans la Méditerranée pour déterminer la position géographique de l'île nouvelle qui s'est formée entre Girgenti et Pantelaria, demande s'il ne serait pas convenable de profiter de la même occasion pour étudier, sous le rapport géologique, toutes les circonstances dont ce rare phénomène a été accompagné.

L'Académie décide qu'il sera écrit au ministre pour le prier d'accorder passage sur le bâtiment de l'État, à

deux ou trois naturalistes qu'elle se réserve de lui désigner plus tard.

M. Puissant, au nom d'une Commission, fait un Rapport sur un nouvel instrument d'arpentage de M. Deriquehem, nommé *géodésimètre*.

M. Poisson lit un Mémoire sur les mouvemens simultanés d'un pendule et de l'air environnant.

M. Girou de Buzareingue lit un Mémoire sur les rapports des sexes dans le règne végétal.

MM. Regnacq et Reucher font part à l'Académie de la perte douloureuse qu'elle vient d'éprouver dans la personne de M. Sané, leur grand-père, décédé à Paris le 22 de ce mois.

La section d'économie rurale et d'art vétérinaire déclare, par l'organe de M. Silvestre, qu'il n'y a pas lieu, suivant elle, à procéder dans ce moment au remplacement de M. Ivart, vu le petit nombre de membres présens; on décide que l'Académie ira au scrutin sur cette question au commencement de la séance prochaine.

M. le président, en exécution du réglement, invite la section d'astronomie à vouloir bien se réunir pour décider s'il y a lieu à remplir la sixième place actuellement vacante dans son sein.

M. Poiteau lit un Mémoire tendant à faire admettre au nombre des vérités démontrées la théorie de Lahire, sur l'origine et la direction des fibres ligneuses dans les végétaux.

M. Constant Prévost, professeur à la Faculté des Sciences, demande à être chargé de l'examen géologique de l'île nouvelle qui s'est formée sur la côte de Sicile.

La lettre de M. Prévost sera renvoyée à la commission que l'Académie nommera aussitôt qu'elle aura reçu une réponse du ministre de la marine.

Séance du 29 août 1831.

Le secrétaire de l'Académie des Beaux-Arts demande que l'Académie des Sciences désigne deux ou trois de ses membres qui s'adjoindront à la commission nommée d'après le désir du ministre pour examiner une nouvelle théorie des phénomènes acoustiques de M. Cabilets.

Le ministre du commerce adresse une ordonnance

royale en vertu de laquelle s'opérera le retrait d'une somme de 300,000 francs placée entre les mains du sieur Harmann, et qui était destinée à l'acquittement du droit de mutation à exercer en Angleterre sur la succession de feu M. le baron de Montyon. Cette somme sera placée en rentes sur l'État à 5 pour cent.

M. Chevalier écrit qu'il a reconnu que la pierre lithographique existe en grande abondance dans le département de la Haute-Marne, où, faute de mieux, on l'emploie à la construction des bâtimens et à l'entretien des routes. Il désirerait que l'Académie *sollicitât un travail à ce sujet.*

M. Baër de Kœnigsberg remercie l'Académie à l'occasion de la médaille d'or qu'elle lui a décernée pour ses recherches sur le développement des animaux, et transmet un rapport abrégé de ses expériences sur la formation de l'œuf des mammifères.

M. André Michaux adresse une Notice de ses travaux relatifs à l'agriculture à l'appui de la demande qu'il a faite de la place vacante dans la section de ce nom.

Le ministre de la marine annonce que le brick *la Flèche*, qui doit aller visiter la nouvelle île de la Méditerranée, ne peut recevoir que deux passagers, et qu'il serait nécessaire que les naturalistes destinés à l'examiner partissent tout de suite. L'Académie charge MM. Cuvier, Brongniart et Beudant de lui présenter, séance tenante, les candidats pour cette mission.

M. Donné communique une Note de M. Desjolre sur l'emploi de la gélatine pour la nourriture des animaux.

M. Roulin rend compte de phénomènes observés dans l'Amérique méridionale et semblables à ceux qui viennent d'avoir lieu dans le midi de la France.

Des Lettres de MM. Delisle, Chaponnié et Lassis sur le choléra-morbus sont renvoyées directement à la commission.

L'Académie ajourne à quinzaine la délibération sur la question de savoir s'il y a ou s'il n'y a pas lieu de remplir la place vacante dans la section d'agriculture.

Elle ajourne également un semblable scrutin qui devait avoir lieu pour la place vacante dans la section d'astronomie.

M. Geoffroy St.-Hilaire présente en manuscrit son 5ᵉ Mémoire sur les pièces osseuses de l'oreille chez les crocodiles et chez les téléosaurus.

M. Silvestre rend un compte verbal d'un ouvrage du colonel Rancourt, intitulé : *Traité d'éducation positive*.

M. Dutrochet lit un Mémoire sur l'emploi du sable silereux comme substance fertilisante.

M. Giron de Buzareingue lit un Mémoire sur l'évolution et l'accroissement en grosseur des plantes exogènes.

L'Académie se forme en comité secret. La Commission nommée pendant la séance présente M. Constant Prévost, professeur de géologie à la Faculté des Sciences de Paris, pour aller examiner l'île qui vient de se former dans la Méditerranée. L'Académie adopte ce choix.

Extrait *d'une lettre de* M. Liebig *à* M. Gay-Lussac *sur la Décomposition de l'Alcool, par le Chlore.*

Occupé, dans le cours de mes recherches, de l'action du chlore sur l'alcool, l'éther et l'esprit pyroacétique, j'ai trouvé les faits suivans :

1°. En faisant passer du chlore dans de l'alcool absolu, celui-ci est changé entièrement en une masse blanche cristalline ;

2°. Cette matière cristalline est un hydrate d'une combinaison nouvelle formée de chlore, de carbone et d'oxigène, que j'appellerai provisoirement *chloral* ;

3°. Le chloral privé d'eau est un liquide plus pesant que l'eau et s'y dissout. En combinaison avec de l'eau, il se change, après quelque temps, en une poudre blanche, insoluble dans ce liquide ;

4°. Les alcalis anhydres ne décomposent par le chloral, mais avec le concours de l'eau, il est transformé en acide *formique* et en un nouveau chlorure de carbone ;

5°. Ce nouveau chlorure de carbone se produit aussi en grande quantité, en distillant de l'alcool avec du chlorite de chaux (chlorure de chaux) ;

6°. Par l'action du chlore sur l'éther et sur l'esprit pyroacétique, il se produit des composés analogues au chloral.

Jours.	9 heures du matin. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Midi. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	3 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	9 heures du soir. Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Thermomètre. maxim.	minim.	État du ciel à midi.	Vents à midi.
1	741,45	+17,2	80	740,80	+20,7	72	739,07	+19,2	80	739,65	+15,2	85	+20,7	+15,0	Couvert.	S.
2	744,20	+17,3	72	744,60	+19,4	61	744,80	+19,4	60	746,74	+14,0	80	+19,4	+12,5	Nuageux.	S.
3	751,42	+17,7	72	752,95	+19,2	64	753,43	+19,5	60	754,30	+15,0	80	+19,5	+13,7	Couvert.	S. O.
4	756,20	+17,8	76	757,00	+19,3	65	757,05	[illegible]	60	757,40	+13,5	78	+20,0	+13,6	Nuageux.	S. O.
5	757,73	+17,0	74	757,63	+19,0	68	757,90	+16,2	85	759,79	+13,7	86	+19,0	+11,5	Couvert.	S. S. O.
6	760,67	+13,3	85	760,08	+19,1	71	759,12	+19,0	72	758,93	+13,5	80	+19,5	+10,3	Couvert.	S.
7	754,87	+17,0	76	753,60	+20,7	70	753,42	+21,6	60	752,26	+15,9	70	+21,6	+11,2	Beau.	S. E.
8	751,60	+16,1	72	750,50	+20,1	63	750,04	+20,3	68	751,79	+13,8	86	+21,0	+12,0	Légers nuages.	S. E.
9	752,16	+13,5	80	752,47	+16,6	64	752,65	+16,7	60	753,06	+10,5	80	+16,7	+10,5	Nuageux.	S. O.
10	752,30	+14,5	80	752,45	+17,0	73	752,05	+16,8	80	752,05	+10,5	86	+17,0	+12,5	Pluie.	S.
11	753,60	+19,1	72	753,24	+21,2	70	752,36	+21,2	64	752,08	+16,0	70	+21,2	+15,5	Nuageux.	S.
12	753,30	+16,8	72	753,20	+20,8	66	752,94	+21,3	64	752,88	+17,5	72	+21,5	+13,0	Nuageux.	S.
13	753,57	+18,7	68	752,77	+21,0	60	751,94	+22,5	58	752,05	+18,2	70	+22,5	+15,5	Nuageux.	S.
14	753,26	+19,3	68	753,10	+22,8	60	752,57	+22,5	60	752,74	+17,0	70	+22,8	+14,5	Nuageux.	S.
15	754,50	+19,0	72	755,04	+18,7	72	755,12	+17,5	72	757,00	+15,2	82	+19,2	+14,5	Couvert.	S. O.
16	761,95	+14,3	80	762,55	+17,5	72	763,10	+17,0	60	765,03	+11,0	72	+17,5	+11,0	Très-nuageux	N. O.
17	767,92	+11,2	86	767,86	+14,0	82	766,85	+16,0	62	767,44	+11,0	80	+16,0	+ 8,2	Nuageux, brouillard.	N. O.
18	766,90	+10,6	88	766,45	+13,4	82	765,57	+14,0	82	764,85	+13,3	84	+14,0	+ 6,5	Couvert, brouillard.	E. N. E.
19	762,02	+13,2	78	761,37	+17,2	62	760,42	+18,1	60	759,63	+11,7	75	+18,1	+10,7	Beau.	E.
20	759,36	+10,5	82	758,93	+16,5	74	757,80	+19,4	65	757,83	+13,5	82	+19,4	+ 7,0	Beau.	S. E.
21	756,92	+13,5	88	756,32	+15,5	88	756,17	+16,0	88	759,53	+10,7	86	+16,2	+10,7	Pluie continuelle.	S. O.
22	763,60	+ 9,6	80	761,50	+14,0	76	763,05	+14,5	70	762,78	+11,3	80	+14,5	+ 6,3	Très-nuageux.	S.
23	762,46	+14,7	78	762,18	+17,5	75	761,03	+16,7	72	760,00	+14,7	76	+17,5	+10,5	Nuageux.	S. S. O.
24	762,58	+13,5	78	762,92	+15,8	70	762,50	+16,5	66	762,30	+ 9,0	75	+16,5	+ 9,0	Nuageux.	S. O.
25	759,13	+10,7	80	757,08	+14,0	75	755,38	+15,7	72	753,67	+12,5	78	+16,2	+ 8,7	Nuageux, brouillard.	S. S. E.
26	752,00	+15,1	72	751,98	+19,0	68	751,58	+20,0	62	752,22	+16,0	80	+20,0	+12,3	Nuageux.	S.
27	751,76	+16,5	78	751,90	+21,7	58	751,80	+21,0	58	755,20	+16,7	84	+21,7	+13,2	Nuageux.	S.
28	763,10	+13,5	70	764,10	+16,5	68	764,37	+17,3	61	765,46	+13,3	76	+17,3	+11,5	Nuageux.	S.
29	764,46	+13,5	72	764,00	+15,5	70	763,50	+16,2	66	764,15	+13,0	72	+16,2	+10,7	Nuageux.	N.
30	765,34	+ 9,8	75	765,00	+12,5	73	764,55	+12,5	68	765,03	+ 6,8	76	+13,0	+ 6,8	Nuageux.	O.
31	765,63	+ 8,2	74	765,30	+12,6	65	764,56	+13,2	60	764,73	+ 6,0	72	+13,2	+ 5,2	Très-nuageux.	S. O.
1	752,26	+16,1	77	752,21	+19,1	67	751,95	+18,8	68	752,57	+13,6	81	+19,4	+12,3	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	758,63	+15,3	77	758,45	+18,3	70	757,87	+18,9	65	758,15	+14,4	76	+11,2	+11,6	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 5,755
3	760,63	+12,6	77	760,39	+15,9	71	759,86	+16,3	68	760,46	+11,8	77	+16,6	+ 9,5	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 5,225
	757,28	+14,6	77	757,12	+17,7	70	756,67	+18,0	67	757,17	+13,2	78	+18,3	+11,1	Moyennes du mois,	+14,7.

Sur *la Réfraction des rayons différemment colorés dans des cristaux à un et à deux axes optiques,*

Par M. Fr. Rudberg.

(Communiqué par l'auteur.)

La découverte remarquable faite par M. Fraunhofer des raies noires dans le spectre solaire, donnant aux recherches sur la réfraction de la lumière colorée un degré de précision auquel on ne pouvait atteindre auparavant, il est intéressant pour l'optique de déterminer par ce moyen exact les indices de réfraction. Fraunhofer, principalement dans le but de construire des objectifs achromatiques plus parfaits, avait lui-même déterminé la réfraction de la lumière colorée dans plusieurs espèces de flintglass et de crownglass, de même que dans quelques autres substances qui ne jouissent que de la simple réfraction. Mais pour les cristaux doués de la double réfraction, de semblables recherches manquaient entièrement, lesquelles pourraient cependant faire voir comment, en général, la double réfraction varie avec les différentes couleurs, et par suite, comment cette variation produit la différente inclinaison des axes optiques, que M. Herschel a observée pour les rayons différemment colorés dans les cristaux à deux axes. Outre cela, une recherche sur la double réfraction de la lumière colorée augmenterait encore le petit

nombre de déterminations précises de la dispersion, qui sont dues à Fraunhofer seul, et dès-lors ne paraît pas être sans intérêt.

Pour mesurer exactement l'angle de déviation des rayons réfractés par le prisme, de même que l'angle réfringent de celui-ci, je me suis servi du même cercle répétiteur qui, construit par Lenoir, fut employé par M. Swanberg pour la mesure du dégré du méridien en Laponie, et qui, étant divisé d'après le système centésimal, donne immédiatement, au moyen des verniers de l'alidade, 50″ centés., ou à peu près 16″ sexagés. Pour les observations en question, j'avais arrangé l'instrument de la manière suivante : le limbe étant mis horizontalement, la lunette supérieure, qui était attachée à l'alidade, fut ôtée et placée sur l'un des bras d'un levier, dont le milieu reposait au centre du limbe, et dont l'autre bras fut chargé d'un contrepoids égal au poids de la lunette. Le tout était combiné d'une telle sorte, qu'en tournant l'alidade, on tournait la lunette, dont l'objectif décrivait par conséquent un arc de cercle autour du centre de l'instrument. A ce centre, était appliquée une tige en cuivre, faisant ainsi continuation de l'axe. Cette tige portait une plaque d'environ quatre pouces de diamètre, au-dessus de laquelle fut, au moyen de six vis, tenue, à distance de quelques lignes, une autre plaque, qui pouvait, par conséquent, être rendue horizontale. Dans un enfoncement de celle-ci, était un anneau en cuivre qui, portant une plaque de verre dépoli, et ayant son contour dentelé, tournait au moyen d'une vis, de sorte que le prisme, qui fut toujours placé sur la plaque de verre ayant son arête au

centre, pouvait être amené dans une telle position, que le rayon réfracté fût au minimum de déviation.

La lumière solaire fut introduite dans la chambre noire par une petite ouverture au moyen d'un héliostat de Fahrenheit, étant à la distance de 33 pieds du centre du cercle répétiteur. L'ouverture dans le volet, formée de deux plaques, dont l'une était mobile par une vis, pouvait être rendue plus ou moins étroite.

Le limbe restait toujours immobile pendant les observations. Pour en être sûr, l'autre lunette, qui était à la surface inférieure du limbe, avait ses fils croisés dirigés sur un objet, qui était situé de l'autre côté du lac Malarn, à une distance de plus de 2,500 pieds.

Pour mesurer l'angle réfringent du prisme, l'arête étant, comme il est déjà remarqué, au centre du cercle, le prisme fut tourné d'une telle manière, qu'on pouvait par la lunette voir successivement les deux images d'une mire, qui furent réfléchies par les deux faces formant l'arête du prisme. La mire était la barre d'une fenêtre dans une maison située sur le rivage opposé du lac Malarn, à la distance de plus de 2,500 pieds. Il est évident qu'en tournant le point d'intersection des fils croisés respectivement sur chacune des images de la mire réfléchies dans les deux faces, l'angle, qu'a décrit la lunette, est exactement le double de celui du prisme.

Quant à l'angle de déviation, le prisme fut tourné d'une telle manière que l'angle de déviation du rayon réfracté fût premièrement le moindre possible, par exemple, à gauche, et puis le moindre à droite, de sorte que l'angle, décrit par la lunette, fût toujours justement le double de l'angle de déviation.

Les raies noires, dont j'ai mesuré la déviation, sont les mêmes que celles qu'avait marquées Fraunhofer avec les lettres B, C, D, E, F, G, H. Je n'ai pas mis le prisme dans la position de la moindre déviation pour chaque raie individuelle, mais, ayant mis le prisme dans cette position pour une, j'ai mesuré la déviation double de celle-ci et des autres, en laissant le prisme immobile, ce qui rend les observations plus faciles et plus sûres.

Les indices de réfraction sont, dans cette méthode d'opérer, très-faciles à calculer. L'angle que fait le rayon incident avec la face antérieure du prisme étant $= 90^\circ - x$, l'angle que fait le rayon réfracté avec cette même face $= 90^\circ - z$, la déviation $= \Delta$, l'angle du prisme $= \varepsilon$, et enfin l'indice de réfraction $= n$, on a :

$$\text{Sin. } x = n. \text{ Sin. } z.$$

$$\text{Sin. } (\Delta + \varepsilon - x) = n. \text{ Sin. } (\varepsilon - z).$$

Si le prisme est au minimum de déviation pour un certain rayon, on aura pour celui-ci : $x = \frac{1}{2}(\Delta + \varepsilon)$ et $z = \frac{1}{2}\varepsilon$, d'où par suite :

$$n = \frac{\text{Sin. } \frac{1}{2}(\Delta + \varepsilon)}{\text{Sin. } \frac{1}{2}\varepsilon}.$$

Pour un autre rayon, dont la déviation, dans la même situation du prisme, est $= \Delta - \delta$, et dont l'indice de réfraction $= n'$, on aura :

$$\text{Sin. } \tfrac{1}{2}(\Delta + \varepsilon) = n'. \text{ Sin. } z'$$

$$\text{Sin. } \left(\tfrac{1}{2}(\Delta + \varepsilon) - \delta\right) = n'. \text{ Sin. } (\varepsilon - z').$$

En posant $z' = \frac{1}{2}\varepsilon + \zeta$, on déduit :

$$\text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}(\Delta + \varepsilon - \delta).\ \text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\delta = n'.\ \text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\varepsilon.\ \text{Cos.}\,\zeta.$$
$$\text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}(\Delta + \varepsilon - \delta).\ \text{Sin.}\,\tfrac{1}{2}\delta = n'.\ \text{Cos.}\,\tfrac{1}{2}\varepsilon.\ \text{Sin.}\,\zeta.$$

et par conséquent :

$$\text{Tang.}\,\zeta = \text{tang.}\,\tfrac{1}{2}\delta.\ \text{Tang.}\,\tfrac{1}{2}\varepsilon.\ \text{Cot.}\,\tfrac{1}{2}(\Delta + \varepsilon - \delta).$$

Ayant calculé par cette formule la valeur de l'angle ζ, on obtient :

$$n' = \frac{\text{Sin.}\,\frac{1}{2}(\Delta + \varepsilon)}{\text{Sin.}\,(\frac{1}{2}\varepsilon + \zeta)}.$$

PREMIÈRE SECTION.

Réfraction dans les cristaux à un axe optique.

Le cristal de roche. Deux prismes de ce cristal furent taillés d'une telle manière, que l'arête du prisme était parallèle à l'axe de cristallisation, et que, par conséquent, les deux rayons suivaient la loi de la réfraction simple. Le prisme fut mis dans une telle position, que la raie H, dans le spectre extraordinaire, fut réduite au minimum de déviation, et les autres raies, non seulement de ce spectre, mais encore celles du spectre ordinaire, furent toutes mesurées dans cette même position du prisme.

A cause de ce que les deux spectres se couvrent toujours, en partie, dans le cristal de roche, je me suis servi,

pour pouvoir observer chacun des spectres séparément, d'une plaque de tourmaline, taillée parallèlement à l'axe. Etant mise devant l'ouverture de l'oculaire, elle donnait, si son axe était parallèle à l'arête du prisme, c'est-à-dire à l'axe de cristallisation, seulement passage à la lumière du spectre extraordinaire, tandis que, son axe étant perpendiculaire à l'arête, elle ne laissait passer que la lumière ordinaire.

L'angle d'un des prismes était $= 52°,940$ ou $47°\ 38'\ 46''$, et celui de l'autre $= 50°,372$ ou $45°\ 20'\ 5''$. Ces valeurs sont les moyennes de plusieurs observations qui, donnant immédiatement l'angle double, ne différaient entre elles guère que de $0°,005$ ou de $16''$.

Les tableaux suivans contiennent le résultat moyen des déviations doubles observées, dont la différence montait à $32''$ ou à $0°,01$.

Le prisme n° 1, dont l'angle réfringent $= 52°,940$. Température $= + 18°$ cent.

LA RAIE.	DÉVIATION DOUBLE OBSERVÉE DANS	
	LE SPECTRE EXTRAORDINAIRE.	LE SPECTRE ORDINAIRE.
H.	68°,730	67°,466
G.	68 ,190	66 ,950
F.	67 ,568	66 ,343
E.	67 ,223	66 ,012
D.	66 ,823	65 ,628
C.	66 ,503	65 ,320
B.	66 ,377	65 ,200

Le prisme n° 2, dont l'angle réfringent = 50°,372.
Température = + 18° cent.

LA RAIE.	DÉVIATION DOUBLE OBSERVÉE DANS LE SPECTRE EXTRAORDINAIRE.	DÉVIATION DOUBLE OBSERVÉE DANS LE SPECTRE ORDINAIRE.
H.	64°,457	63°,285
G.	63 ,955	62 ,805
F.	63 ,375	62 ,245
E.	63 ,057	61 ,935
D.	62 ,685	61 ,580
C.	62 ,390	61 ,290
B.	62 ,275	61 ,180

Les indices de réfraction, calculés d'après ces observations, sont renfermés dans le tableau suivant :

LA RAIE.	LE SPECTRE EXTRAORDINAIRE Prisme n° 1.	LE SPECTRE EXTRAORDINAIRE Prisme n° 2.	DIFFÉRENCE.	LE SPECTRE ORDINAIRE Prisme n° 1.	LE SPECTRE ORDINAIRE Prisme n° 2.	DIFFÉRENCE.
H.	1,56769	1,56776	0,00007	1,55814	1,55821	0,00007
G.	1,56361	1,56369	0,00008	1,55421	1,55429	0,00008
F.	1,55892	1,55896	0,00004	1,54960	1,54970	0,00010
E.	1,55629	1,55634	0,00005	1,54709	1,54714	0,00005
D.	1,55325	1,55331	0,00006	1,54414	1,54423	0,00009
C.	1,55083	1,55088	0,00005	1,54179	1,54184	0,00005
B.	1,54987	1,54994	0,00007	1,54088	1,54093	0,00005

Les différences qui se montrent ne sont évidemment que des fautes d'observation. En prenant la moyenne des deux résultats, on aura les indices suivans, qui ne peuvent guère être fautifs que de 0,00005.

LA RAIE.	EXTRAORDINAIRE.	ORDINAIRE.
H.	1,56772	1,55817
G.	1,56365	1,55425
F.	1,55894	1,54965
E.	1,55631	1,54711
D.	1,55328	1,54418
C.	1,55085	1,54181
B.	1,54990	1,54090

Malus avait trouvé pour le rayon extraordinaire l'indice = 1,55817, et pour le rayon ordinaire, l'indice = 1,54843, qui, étant tous les deux situés entre F et E, se correspondent aussi bien qu'on peut attendre, puisque, de son temps, les points fixes ou les raies du spectre n'étaient pas connues.

Quant à la question sur la dispersion des deux rayons du cristal de roche, on trouve, en comparant l'indice ordinaire et extraordinaire pour les différentes couleurs, que la double réfraction est la plus grande pour la lumière violette, et la moindre pour la lumière rouge, ou, en général, *que la double réfraction est d'autant plus forte, que la réfrangibilité individuelle de la couleur est elle-même plus grande*; car en désignant

par n' l'indice du rayon ordinaire, et par n'' celui du rayon extraordinaire, on a pour les différentes couleurs :

LA RAIE.	LE RAPPORT $\frac{n''}{n'}$.
H.	1,00613
G.	1,00605
F.	1,00599
E.	1,00594
D.	1,00589
C.	1,00586
B.	1,00584

D'où il suit que le rapport $\frac{n''}{n'}$ va toujours en augmentant depuis l'extrémité rouge jusqu'à l'extrémité violette du spectre, et que, par conséquent, à plus forte raison, la différence des vitesses des deux rayons augmente pour les diverses couleurs dans le même sens.

Le spath calcaire. De ce cristal, j'avais fait tailler deux prismes ayant l'arête parallèle à l'axe de cristallisation. Je ne pus me servir que d'un. L'angle de celui-ci était $= 66°,577$ ou $59° \ 55' \ 9''$.

Dans le spectre extraordinaire, c'était la raie H qui fut réduite au minimum de déviation, et le prisme resta dans cette position pendant la mesure des autres raies de ce spectre.

Dans le spectre ordinaire, au contraire, qui avait une étendue presque trois fois plus grande, la lumière

violette étant très-faible et la raie H très-large, je choisis, pour plus de sûreté, la raie F, qui fut réduite à la moindre déviation. Puisque le prisme restait dans cette position, il est évident que, dans la valeur de l'indice n', il faut mettre δ négatif pour les deux raies H et G, mais positif pour les raies E, D, C et B.

Les résultats moyens des observations se trouvent dans le tableau suivant.

Température = + $17^{\circ} \frac{3}{4}$.

LA RAIE.	LA DÉVIATION DOUBLE OBSERVÉE DANS LE SPECTRE ORDINAIRE.	EXTRAORDINAIRE.
H.	121°,130	82°,030
G.	119 ,440	81 ,405
F.	117 ,545	80 ,685
E.	116 ,535	80 ,295
D.	115 ,385	79 ,855
C.	114 ,495	79 ,515
B.	114 ,175	79 ,390

Les indices calculés sont :

LA RAIE.	ORDINAIRE.	EXTRAORDINAIRE.
H.	1,68330	1,49780
G.	1,67617	1,49453
F.	1,66802	1,49075
E.	1,66360	1,48868
D.	1,65850	1,48635
C.	1,65452	1,48455
B.	1,65308	1,48391

Les indices qu'a donnés Malus sont 1,6543 et 1,4833.

En appelant, comme précédemment, n' l'indice du rayon ordinaire, et n'' celui du rayon extraordinaire, on a les valeurs du rapport $\frac{n'}{n''}$ dans le tableau qui suit :

LA RAIE.	LE RAPPORT $\frac{n'}{n''}$.
H.	1,12385
G.	1,12154
F.	1,11891
E.	1,11750
D.	1,11582
C.	1,11449
B.	1,11400

D'où l'on voit incontestablement *l'augmentation de la double réfraction avec la réfrangibilité individuelle des couleurs*, et par conséquent, la confirmation la plus positive du résultat des expériences précédentes sur le cristal de roche.

DEUXIÈME SECTION.

Réfraction dans les cristaux à deux axes optiques.

Les cristaux de ce genre que j'ai pu me procurer, étaient l'arragonite, la topaze incolore et la topaze de Schneckenstein. Cependant je n'ai pas pu me servir de celle-ci, dont j'avais des espèces bien grandes et belles, parce que dans tout l'intérieur il y avait des faces de clivage qui, étant toujours parallèles aux faces extérieures, réfléchissaient le rayon solaire d'une manière tellement confuse, que le spectre n'était pas distinct. J'ai, par conséquent, seulement pu faire des expériences avec l'arragonite et la topaze incolore ou blanche.

Avant d'entrer dans la description des expériences, je vais exposer en peu de mots un résumé de la théorie de la double réfraction dans les cristaux à deux axes, parce que c'est seulement par cette belle théorie de Fresnel qu'on peut concevoir dans quelle direction il a fallu tailler les prismes.

Fresnel, qui avait le premier développé l'intime dépendance de la double réfraction et de la polarisation de la lumière, fondait sa théorie sur deux hypothèses, savoir : 1° que dans les cristaux à double réfraction,

l'élasticité du milieu vibrant est différente dans des différentes directions, et, 2° que les vibrations de la lumière polarisée se font à la fois perpendiculairement à la direction de propagation et au plan de polarisation.

Il suppose que dans chaque substance cristallisée il y a trois directions perpendiculaires entre elles, nommées axes d'élasticité, ou axes de cristallisation, selon lesquelles l'élasticité peut, en général, être différente. Si l'élasticité est la même dans toutes ces trois directions, le cristal appartient au système régulier, et ne jouit pas de la double réfraction; si elle est égale dans deux directions, le cristal est doublement réfringent et a *un* axe optique; et enfin si l'élasticité est inégale dans toutes les trois directions, le cristal a *deux* axes optiques. De la différence d'élasticité il résulte, pour la lumière, une différente vitesse, laquelle, les vibrations étant toujours perpendiculaires à la direction du rayon et à son plan de polarisation, doit nécessairement, en général, devenir inégale pour les deux rayons dans lesquels la lumière se divise, et dont les plans de polarisation sont perpendiculaires entre eux. Il n'y a dans les cristaux à deux axes optiques que deux directions, celles de ces axes mêmes, dans lesquelles les deux rayons se propagent avec la même vitesse. Par conséquent, pour apprécier la vitesse des deux rayons dans une direction quelconque, il faut savoir déterminer leurs plans de polarisation, ce qui se fait par les considérations suivantes. Le plan dans lequel sont situés les deux axes optiques, contient encore deux des axes de cristallisation, dont l'un bissecte l'angle aigu, et l'autre bissecte l'angle obtus des axes optiques. En se figurant donc deux plans passant

par la direction selon laquelle on voulait avoir la vitesse des deux rayons, et respectivement par chacun des axes optiques, le plan qui coupe en deux parties égales l'angle formé par ces deux plans, sera le plan de polarisation d'un des deux rayons, celui de l'autre étant perpendiculaire à ce plan, et passant par la direction donnée.

Il suit de là que, si la lumière vient dans une direction perpendiculaire à l'un des axes de cristallisation, l'un des rayons doit avoir son plan de polarisation perpendiculaire à cet axe, et être produit par des vibrations parallèles à cet axe. La vitesse avec laquelle se propagent ces vibrations, ne dépendant que de l'élasticité dans le sens de cet axe, il est évident qu'elle reste la même, quelle que soit la direction du rayon dans le plan perpendiculaire à l'axe. L'autre rayon, au contraire, dont le plan de polarisation passe par l'axe, et par conséquent change avec sa direction, aura des vitesses différentes dans des différentes directions, parce que ses vibrations, se faisant toujours dans le plan des deux autres axes de cristallisation, peuvent devenir successivement parallèles à l'un et à l'autre de ces axes, et par suite, subir tout le changement de vitesse de propagation qu'admet la différence d'élasticité dans ces deux sens.

Si, par conséquent, on fait tailler un prisme d'une telle manière que l'arête devienne parallèle à l'un des axes de cristallisation, celui des deux rayons dont le plan de polarisation est perpendiculaire à l'axe, doit avoir une vitesse constante, et suivre, en se réfractant, la loi de Descartes. La vitesse de l'autre rayon dépend de sa direction par rapport aux deux autres axes de cristallisation. Ayant taillé ainsi trois prismes, dont chacun

ait son arête parallèle respectivement à l'un des axes de cristallisation, et determinant dans chaque prisme l'indice de réfraction du rayon, dont la vitesse reste invariable, on aura *les trois élémens* dont dépend la double réfraction du cristal.

L'exposition des résultats de la théorie mathématique de Fresnel éclaircira encore mieux ce qui vient d'être dit. En appelant, dans l'esprit du système d'émanation, v', v'' les vitesses des deux rayons, ε', ε'' les angles que fait avec les deux axes optiques la direction commune des rayons, on a la vitesse d'un de ceux-ci par l'équation

$$v'^2 = A + B. \text{ Sin.}^2 \tfrac{1}{2} (\varepsilon' - \varepsilon''),$$

et celle de l'autre par l'équation

$$v''^2 = A + B. \text{ Sin.}^2 \tfrac{1}{2} (\varepsilon' + \varepsilon''),$$

où A et B sont des constantes.

Il a déjà été remarqué que des axes de cristallisation, deux sont situés dans le même plan que les axes optiques, et que le troisième est perpendiculaire à ce plan. J'appellerai, dans ce qui suit, l'axe de cristallisation qui bissecte l'angle aigu des axes optiques, l'*axe A*; celui qui bissecte l'angle obtus, l'*axe B*; et enfin celui qui est perpendiculaire au plan des axes optiques, l'*axe C*.

De ce qui précède, on conclut que,

1° *Si l'arête du prisme est parallèle à l'axe A*, et si les deux rayons sont par conséquent réfractés dans un plan perpendiculaire à cet axe, on aura toujours, si les angles ε' et ε'' sont comptés de l'axe A, $\varepsilon' + \varepsilon'' = 180°$, et ainsi :

$$v'^2 = A + B.\,\text{Cos.}^2\,\varepsilon'' \text{ et } v''^2 = A + B.$$

Cette dernière vitesse est constante, et, d'après ce qui vient d'être dit, on voit que cette vitesse est celle du rayon dont le plan de polarisation est perpendiculaire à l'axe A.

La vitesse de l'autre rayon dépend de la valeur de l'angle ε'', qui peut varier depuis $\varepsilon'' = 90°$ jusqu'à $\varepsilon'' = 90° - \frac{1}{2}\alpha$, en appelant α l'angle aigu des axes optiques. La valeur du carré de cette vitesse varierait ainsi :

$$\text{entre } A \text{ et } A + B.\,\text{Sin.}^2\,\tfrac{1}{2}\alpha.$$

2° *Si l'arête du prisme est parallèle à l'axe B*, on a toujours $\varepsilon' = \varepsilon''$, et par suite :

$$v'^2 = A$$

et

$$v''^2 = A + B.\,\text{Sin.}^2\,\varepsilon.$$

La vitesse v' est, dans ce prisme, constante, et appartient au rayon qui est polarisé dans un plan perpendiculaire à l'axe B.

La vitesse de l'autre rayon dépend de la valeur de ε entre les limites $\varepsilon = \frac{1}{2}\alpha$ et $\varepsilon = 90°$. Donc le carré de cette vitesse peut varier :

$$\text{entre } A + B \text{ et } A + B.\,\text{Sin.}^2\,\tfrac{1}{2}\alpha.$$

3° *Si l'arête du prisme est parallèle à l'axe C*, on aura toujours $\varepsilon' = \varepsilon'' + \alpha$, d'où :

$$v'^2 = A + B. \text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2}\alpha.$$

et

$$v''^2 = A + B. \text{Sin.}^2 (\varepsilon'' + \tfrac{1}{2}\alpha).$$

Dans ce prisme, la vitesse v' est constante et appartient au rayon dont le plan de polarisation est perpendiculaire à l'axe C.

L'angle ε'' pouvant avoir des valeurs différentes depuis $\varepsilon'' = 90^\circ - \frac{1}{2}\alpha$ jusqu'à $\varepsilon'' = -\frac{1}{2}\alpha$, le carré de la vitesse de l'autre rayon varierait

entre A et $A + B$.

Si, à présent, dans trois prismes taillés de la manière décrite, on observe la déviation du rayon, dont la vitesse reste constante indépendamment de la direction, et qu'on en calcule l'indice de réfraction, on aura les valeurs des trois quantités A, B et α. En appelant n' l'indice dans le prisme dont l'arête est parallèle à l'axe A, n''' celui dans le prisme qui a l'arête parallèle à l'axe B, et n'' celui dans le prisme dont l'arête parallèle à l'axe C, on aura, la vitesse de la lumière dans l'air étant prise pour unité :

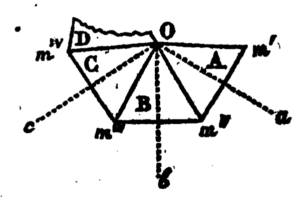
$$n'^2 = A + B.$$
$$n'''^2 = A.$$
$$n''^2 = A + B. \text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2}\alpha.$$

D'où, par conséquent :

$$A = n'''^2.$$
$$B = n'^2 - n'''^2.$$
$$\text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2}\alpha = \frac{n''^2 - n'''^2}{n'^2 - n'''^2}.$$

Après cette courte exposition des résultats de la théorie générale de Fresnel, je viens à la description des expériences et de leurs résultats.

L'arragonite. Le cristal qui ma servi pour les expériences, était de la Bohême, et composé des quatre individus *A*, *B*, *C*, *D*, dont la section perpendiculaire à l'axe du cristal est représentée à peu près dans sa grandeur réelle, par la figure ci-jointe.



Pour séparer ces individus, le cristal fut coupé dans le sens perpendiculaire à sa longueur, qui était de plus de quatre pouces, en plusieurs morceaux, et les faces de coupure furent bien polies. En regardant au travers de ces faces, il était facile, par la réflexion de la lumière incidente, de reconnaître les faces de jonction des individus. L'un de ceux-ci fut donc séparé des autres adjacens en taillant jusqu'à ce qu'on ne vît plus la moindre trace de faces de jonction. S'étant ainsi procuré des cristaux individuels, les prismes en furent taillés de la manière suivante.

1° *Le prisme A.* Ce prisme fut coupé de sorte que l'arête devint parallèle à l'axe du cristal pyramidal, c'est-à-dire à l'axe *A* de cristallisation. Les faces de

coupure dont je viens de parler furent rendues justement perpendiculaires à l'axe de la pyramide, en les faisant également incliner sur toutes les surfaces naturelles de celui-ci. Prenant une telle surface de coupure pour base, je faisais tailler trois faces perpendiculaires à cette base, et ayant ainsi un prisme triangulaire, je me suis servi de deux de ses angles comme angles réfringens, et c'est à eux que se rapportent les observations faites avec les prismes, notées dans ce qui suit : le prisme *A*, n° 1, et le prisme *A*, n° 2.

2° *Les prismes B.* Pour ceux-ci, dont l'arête était parallèle à l'axe *B* de cristallisation, situé dans le plan des axes optiques, il fallait déterminer premièrement ce plan. Pour le faire, un morceau du cristal, dont les faces de coupure, perpendiculaires à l'axe *A*, étaient bien polies, fut attaché à l'axe d'un goniomètre d'une telle sorte, qu'en tournant le limbe de celui-ci et tenant l'œil dans une position bien fixe, les deux systèmes des anneaux elliptiques qui, au moyen de la lumière polarisée, se montrent autour des axes optiques, avaient leurs axes noirs dans le même plan. Ce plan, parallèle à celui du limbe, était, par conséquent, le plan des axes optiques. Dans les individus particuliers il passe selon les lignes *Oa*, *Ob*, *Oc*, qui sont perpendiculaires respectivement à $m' \, m''$, $m'' \, m'''$, et $m''' \, m^{\text{iv}}$. Après avoir ainsi déterminé, aussi exactement que possible, le plan des axes optiques, je faisais tailler une face perpendiculaire à ce plan, et parallèle à l'axe *A*. Cette face devenant la base du prisme, deux faces furent taillées perpendiculaires à elles, et se coupant par conséquent dans une ligne parallèle à l'axe *B*. Les deux prismes de ce genre

sont désignés par le prisme *B*, n° 1, et prisme *B*, n° 2.

3° *Les prismes C.* L'arête de ces prismes devant être parallèle à l'axe *C*, ils furent construits d'après le même principe que les précédens, avec cette seule différence que leur base fut faite parallèle au plan des axes optiques. Ils sont marqués dans ce qui suit par le prisme *C*, n° 1, prisme *C*, n° 2, et prisme *C*, n° 3.

Il était facile de juger lequel des deux spectres provenait de la lumière, qui se propageait avec la vitesse constante, parce que, à cause de ce que les vibrations de cette lumière s'exécutent parallèlement à l'arête, on n'avait besoin que de mettre devant l'ouverture de l'oculaire de la lunette une plaque de tourmaline, de sorte que son axe de cristallisation fût parallèle à l'arête. Si elle laissait passer la lumière, c'était le spectre en question.

Le prisme A, *n°* 1. Le double angle réfringent observé = 148°,270, d'où le simple = 66° 43′ 17″. Température = + 19°.

Dans le spectre dont les déviations sont les plus grandes, la raie F était réduite au minimum de déviation, et dans l'autre spectre, la raie H.

LA RAIE.	DOUBLE déviation observée dans le spectre, dont le plan de polarisation était	
	Perpendiculaire à l'axe A.	Parallèle à l'axe A.
H.	109°,535	163°,507
G.	108 ,625	160 ,557
F.	107 ,585	157 ,356
E.	107 ,020	155 ,732
D.	106 ,390	153 ,906
C.	105 ,890	152 ,527
B.	105 ,715	152 ,020

Le prisme A, n° 2. Le double angle réfringent observé = 115°,130; et ainsi le simple = 51° 48′ 31″. Température = + 18°.

La raie F était dans les deux spectres réduite au minimum de déviation.

LA RAIE.	DOUBLE déviation observée dans le spectre, dont le plan de polarisation était	
	Perpendiculaire à l'axe A.	Parallèle à l'axe A.
H.	73°,130	99°,020
G.	72 ,615	97 ,897
F.	72 ,005	96 ,580
E.	71 ,677	95 ,887
D.	71 ,305	95 ,090
C.	71 ,025	94 ,480
B.	70 ,917	94 ,250

Si, à présent, on calcule, d'après les observations avec les deux prismes, l'indice de réfraction des rayons polarisés perpendiculairement à l'axe A, on trouve :

LA RAIE.	LES INDICES de réfraction du spectre dont le plan de polarisation est perpendiculaire à l'axe A.		DIFFERENCE.
	Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	
H.	1,54226	1,54225	+0,00001
G.	1,53880	1,53885	—0,00005
F.	1,53480	1,53478	+0,00002
E.	1,53264	1,53265	—0,00001
D.	1,53015	1,53011	+0,00004
C.	1,52818	1,52822	—0,00004
B.	1,52747	1,52751	—0,00004

Les différences ne sont évidemment que des fautes inévitables d'observation, et l'invariabilité de la vitesse du rayon polarisé perpendiculairement à l'axe A, par conséquent, bien constatée. Quant à l'autre rayon, sa vitesse ne peut pas être constante d'après la théorie, et les observations le démontrent en effet. Je donnerai seulement l'indice de deux rayons pour faire voir la différence.

LA RAIE.	Spectre dont le plan de polarisation passe par l'axe A.		DIFFERENCE.
	Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	
H.	1,70996	1,70590	0,00406
F.	1,69502	1,69128	0,00374

D'où il suit évidemment que la vitesse de ce rayon est variable avec la direction.

Prisme B, n° 1. L'angle réfringent = 36° 13′ 30″. Température = + 18°.

Dans le spectre dont les déviations étaient les plus grandes, la raie F fut réduite au minimum de déviation, et dans l'autre la raie H.

LA RAIE.	Double déviation observée dans le spectre, dont le plan de polarisation était	
	Perpendiculaire à l'axe B.	Parallèle à l'axe B.
H.	62°,250	46°,850
G.	61 ,600	46 ,540
F.	60 ,850	46 ,175
E.	60 ,450	45 ,980
D.	59 ,990	45 ,755
C.	59 ,630	45 ,580
B.	59 ,500	45 ,515

Prisme B, n° 2. L'angle réfringent = 40° 12′ 3″. Température = + 18°.

LA RAIE.	Double déviation observée dans le spectre polarisé	
	Perpendiculairement à l'axe B.	Parallèlement à l'axe B.
H.	70°,635	52°,970
G.	69 ,885	52 ,610
F.	69 ,020	52 ,200
E.	68 ,555	51 ,975
D.	68 ,025	51 ,715
C.	67 ,615	51 ,515
B.	67 ,460	51 ,445

Dans le spectre dont les déviations sont les plus grandes, la raie F était réduite au minimum, et dans l'autre la raie H.

Le calcul donne pour le spectre dont le plan de polarisation est perpendiculaire à l'axe B, les valeurs suivantes des indices.

LA RAIE.	Spectre polarisé perpendiculairement à l'axe B.		DIFFERENCE.
	Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	
H.	1,71019	1,71004	0,00015
G.	1,70325	1,70311	0,00014
F.	1,69520	1,69510	0,00010
E.	1,69091	1,69078	0,00013
D.	1,68595	1,68583	0,00012
C.	1,68206	1,68200	0,00006
B.	1,68066	1,68057	0,00009

Les différences sont ici plus grandes que pour les prismes A, mais cela tient sans doute à la grande difficulté de déterminer avec la dernière exactitude le plan des axes optiques, et de tailler une face perpendiculaire à ce plan. On peut donc considérer l'invariabilité de la vitesse du rayon, polarisé perpendiculairement à l'axe B, comme étant constatée par ces observations, dont les résultats moyens ne doivent pas être erronés de 0,0001.

Calculant les indices des raies de l'autre spectre, on trouve des différences plus notables, comme on le voit par le tableau suivant, où j'en ai seulement inséré deux :

LA RAIE.	Spectre dont le plan de polarisation passe par l'axe B.		DIFFERENCE.
	Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	
H.	1,54242	1,54277	0,00035
G.	1,53493	1,53529	0,00036

Prisme C, n° 1. L'angle réfringent = 29° 43′ 21″. Température = + 17°. La raie H fut, dans les deux spectres, réduite au minimum de déviation.

LA RAIE.	Double déviation observée dans le spectre polarisé	
	Perpendiculairement à l'axe C.	Parallèlement à l'axe C.
H.	49°,210	38°,090
G.	48 ,715	37 ,835
F.	48 ,150	37 ,535
E.	47 ,850	37 ,375
D.	47 ,505	37 ,190
C.	47 ,230	37 ,050
B.	47 ,125	36 ,990

Prisme C, n° 2. L'angle réfringent = 41° 34′ 32″. Température = + 16°. Dans le spectre qui est le plus dévié, je réduisais la raie F à la moindre déviation, et dans l'autre la raie H.

LA RAIE.	Double déviation observée dans le spectre polarisé	
	Perpendiculairement à l'axe C.	Parallèlement à l'axe C.
H.	73°,125	57°,195
G.	72 ,365	56 ,780
F.	71 ,475	56 ,300
E.	71 ,000	56 ,040
D.	70 ,460	55 ,745
C.	70 ,040	55 ,515
B.	69 ,870	55 ,430

Prisme C, n° 3. L'angle réfringent = 45° 14′ 19″. Température = + 16°. Dans les deux spectres, la raie F fut réduite au minimum de déviation.

LA RAIE.	Double déviation observée dans le spectre polarisé	
	Perpendiculairement à l'axe C.	Parallèlement à l'axe C.
H.	81°,655	77°,690
G.	80 ,780	76 ,910
F.	79 ,770	76 ,000
E.	79 ,230	75 ,530
D.	78 ,610	74 ,980
C.	78 ,135	74 ,540
B.	77 ,945	74 ,380

Quant aux observations faites avec ce dernier prisme, il est cependant à remarquer que les deux spectres n'étaient pas exactement dans le même plan horizontal, et qu'en mesurant l'angle réfringent, je trouvais l'une des faces du prisme un peu inclinée contre la base. Cela était facile à reconnaître, parce que, après avoir dirigé le milieu des fils croisés de la lunette directement sur un point déterminé de la mire, on voyait que l'image de ce point, réfléchi par cette face, ne coïncidait plus avec le milieu des fils. Je n'aurais pas même rapporté ces observations, s'il n'arrivait que dans ce prisme les deux spectres sont presque en contact, lorsque, au contraire, dans les autres prismes *C*, ils sont très-éloignés l'un de l'autre, et que ce fait donne la preuve de la variation que subit la vitesse du rayon polarisé parallèlement à l'axe *C*, selon qu'il a des directions différentes.

Calculant les indices de réfraction pour les trois prismes *C*, on trouve :

LA RAIE.	Spectre dont le plan de polarisation était perpendiculaire à l'axe C.		
	Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	Prisme n° 3.
H.	1,70512	1,70505	1,70550
G.	1,69830	1,69843	1,69875
F.	1,69049	1,69058	1,69094
E.	1,68634	1,68635	1,68674
D.	1,68157	1,68156	1,68190
C.	1,67777	1,67781	1,67820
B.	1,67632	1,67630	1,67671

Les résultats obtenus au moyen du prisme n° 1 et n° 2, s'accordent très-bien ; celui donné par le prisme n° 3 est d'environ 0,0004 trop grand. Je le rejetterai par cette raison, et prendrai la moyenne seulement des deux premiers.

Pour l'autre spectre qui était polarisé parallèlement à l'axe *C*, les indices calculés d'après les observations des trois prismes, sont bien différens, comme le montre le tableau suivant.

LA RAIE.	Spectre dont le plan de polarisation était parallèle à l'axe C.		
	Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	Prisme n° 3.
H.	1,55043	1,56158	1,67472
F.	1,54265	1,55331	1,66151

La différence monte ainsi pour ce spectre jusqu'à 0,124, tandis que pour l'autre, si l'on fait exception des résultats du prisme n° 3, qui, par les raisons indiquées, étaient un peu erronées, l'accord est aussi parfait que possible. En comparant donc ce résultat avec les résultats identiques, auxquels ont conduit les observations faites avec les prismes *A* et les prismes *B*, on voit, l'arragonite étant parmi les cristaux à deux axes un de ceux qui jouissent de la plus forte double réfraction, *que le théorème fondamental qu'a établi* Fresnel *dans sa théorie de la double réfraction*

dans les cristaux à deux axes optiques, savoir : l'invariabilité de la vitesse d'un rayon aussi long-temps que son plan de polarisation reste le même, est incontestablement confirmée par les observations précédentes.

En prenant la moyenne des deux systèmes des indices pour chacun des trois spectres dont les plans de polarisation étaient respectivement perpendiculaires aux trois axes de cristallisation, on aura les *élémens de réfraction* de l'arragonite dans le tableau suivant.

LA RAIE.	SPECTRE dont le plan de polarisation est perpendiculaire à		
	L'axe A.	L'axe B.	L'axe C.
H.	1,54226	1,71011	1,70569
G.	1,53882	1,70318	1,69836
F.	1,53479	1,69515	1,69053
E.	1,53264	1,69084	1,68634
D.	1,53013	1,68589	1,68157
C.	1,52820	1,68203	1,67779
B.	1,52749	1,68061	1,67631

En appelant n', n'' et n''' les indices de réfraction dans les spectres polarisés perpendiculairement aux axes *A*, *C* et *B*, et calculant les rapports $\frac{n'''}{n'}$ et $\frac{n'''}{n''}$, on trouve :

LA RAIE.	LE RAPPORT $\frac{n'''}{n'}$.	LE RAPPORT $\frac{n'''}{n''}$.
H.	1,10883	1,00294
G.	1,10681	1,00284
F.	1,10449	1,00273
E.	1,10322	1,00267
D.	1,10154	1,00257
C.	1,10066	1,00253
B.	1,10024	1,00256

Ces rapports allant toujours en augmentant depuis l'extrémité rouge du spectre jusqu'à l'extrémité violette (car si la valeur de $\frac{n'''}{n''}$ pour la raie B, est plus grande que celle de la raie C, cela provient évidemment des petites erreurs d'observation), on voit que chaque couleur a dans l'arragonite une double réfraction, d'autant plus forte qu'elle est plus réfrangible. Ce résultat est parfaitement d'accord avec celui qu'avait donné précédemment les expériences faites avec le cristal de roche et le spath d'Islande. On peut donc conclure, qu'en général,

Chaque couleur a sa double réfraction individuelle, et d'autant plus forte, que sa propre réfrangibilité est plus grande.

Au moyen des valeurs précédentes des indices n', n'' et n''', on peut calculer *l'angle d'inclinaison des axes optiques*, car en appelant α cet angle, on a :

$$\text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2} \alpha = \frac{n'''^2 - n''^2}{n'''^2 - n'^2}.$$

Les angles calculés par cette formule sont :

LA RAIE.	L'ANGLE d'inclinaison des axes optiques.
H.	20° 25′ 6″
G.	20° 12′ 6″
F.	20° 0′ 50″
E.	19° 53′ 0″
D.	19° 37′ 8″
C.	19° 33′ 14″
B.	19° 44′ 40″

D'où l'on voit que dans l'arragonite, *l'inclinaison des axes optiques diminue continuellement depuis la lumière violette jusqu'à la lumière rouge*. La valeur pour le rayon B paraît bien faire une exception, mais cela vient probablement de ce qu'il y a dans les indices de petites erreurs, dont l'influence devient sensible dans la valeur de $n'''^2 - n''^2$. Pour le reste, il faut observer que les angles ne peuvent pas en général être exacts à une minute près, parce que cela supposerait dans l'indice une exactitude de 0,00001 qu'on n'atteindrait vraisemblablement jamais.

M. Brewster donne pour la vraie inclinaison des axes optiques 18° 18′, calculée d'après l'inclinaison apparente

observée. Mais puisqu'il n'a pas donné la valeur de cette inclinaison apparente, ni l'indice dont il s'est servi pour calculer l'inclinaison vraie, il n'est pas possible de comparer son résultat avec celui de mes expériences.

Ayant mesuré à plusieurs reprises l'inclinaison apparente des axes, au moyen d'une plaque avec des faces parallèles taillées perpendiculairement à l'axe A, j'ai trouvé un peu plus de 32°. Pour faire une comparaison avec cette valeur, il faut calculer les *inclinaisons apparentes d'après les inclinaisons vraies* rapportées dans le tableau ci-dessus. Cela se fait facilement, puisque, à présent, on peut déterminer la vitesse de la lumière dans la direction même d'un axe optique. En mettant dans les formules rapportées au commencement de cette section, $\varepsilon'' = 0$ et $\varepsilon' = \alpha$, on obtient :

$$v'^2 = v''^2 = n'''^2 - (n'''^2 - n'^2).\ \text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2}\alpha.$$

ou :

$$v' = v'' = n''.$$

Le rayon qui, en sortant de la plaque, se dévie d'après la loi de Descartes, prend en dehors une direction faisant avec la normale de la plaque un angle $\frac{1}{2}i$, qui se calcule par la formule :

$$\text{Sin.}\ \tfrac{1}{2} i = n''\ \text{Sin.}\ \tfrac{1}{2}\alpha.$$

Les valeurs de i, pour les différentes couleurs, sont les suivantes :

LA RAIE.	L'INCLINAISON apparente des axes optiques.
H.	35° 10′ 54″
G.	34° 39′ 30″
F.	34° 10′ 0″
E.	33° 51′ 10″
D.	33° 17′ 46″
C.	33° 6′ 24″
B.	33° 24′ 22″

La valeur moyenne de celles-ci monte à 34°, et diffère par conséquent d'environ 2° de l'inclinaison mesurée directement. Malgré la difficulté de faire cette mesure avec précision, la différence de 2° paraît cependant trop forte. Je n'en saurais dire la cause, à moins que les deux rayons, qui dans la plaque parcourent le même axe optique, se séparant à leur sortie, le milieu des anneaux elliptiques ne tombe hors de la direction précédemment calculée d'après la loi de Descartes, laquelle direction n'est que celle de l'un des rayons.

Les expériences précédentes ayant démontré que le rapport des indices de réfraction varie dans les trois spectres avec les couleurs, le vrai rapport entre les élasticités du milieu vibrant dans les trois axes de cristallisation ne peut pas être déterminé. Si on prend l'élasticité du milieu vibrant dans l'air comme unité, l'élasticité selon l'axe A sera $= \frac{1}{n'^2}$, celle selon l'axe B $= \frac{1}{n'''^2}$, et enfin celle selon l'axe C $= \frac{1}{n''^2}$, puisque les vitesses étant $\frac{1}{n'}$, $\frac{1}{n'''}$ et $\frac{1}{n''}$ dans le système d'ondulation sont

comme les racines carrées de l'élasticité. Mais lorsque les rapports $\frac{n'^2}{n'''^2}$ et $\frac{n'^2}{n''^2}$ changent avec les couleurs, ils n'expriment pas exactement les rapports de l'élasticité selon les trois axes de cristallisation. Cependant, en prenant l'élasticité dans l'axe A comme l'unité, et calculant les rapports $\frac{n'^2}{n'''^2}$ et $\frac{n'^2}{n''^2}$ pour une des raies du milieu du spectre, par exemple pour F, on aura toujours un résultat approximatif. Les valeurs ainsi trouvées sont les suivantes :

L'élasticité dans l'arragonite dans le sens des axes de cristallisation.		
A.	B.	C.
1	0,81975	0,82424

Le spath d'Islande et l'arragonite n'étant que de la chaux carbonatée, mais cristallisés dans des systèmes différens, je rapporterai ici le rapport des élasticités du milieu vibrant dans le spath, dont l'axe de cristallisation correspond évidemment à l'axe A de l'arragonite, dans laquelle les deux axes optiques ne sont éloignés que de 10° de l'axe A.

L'élasticité dans le spath d'Islande.	
Selon l'axe.	Perpendiculairement à l'axe.
1	0,79874

La topaze incolore. — Les prismes de ce cristal furent taillés justement de la même manière que ceux de l'arragonite. Les prismes A furent les plus faciles à tailler, parce que la face de clivage, qu'on obtient au moyen d'un coup de marteau, est perpendiculaire à l'axe A et au plan des axes optiques. Les prismes B et C furent taillés, après des expériences préalables, analogues à celles qui sont précédemment décrites pour l'arragonite.

Les deux spectres se couvrant toujours dans la topaze, je me suis servi d'une plaque de tourmaline pour les séparer de la manière que j'ai déjà annoncée pour le cristal de roche.

Prisme A, n° 1. L'angle réfringent = 30° 15′ 29″. Température = + 19°.

Dans le spectre dont les déviations sont les plus grandes, la raie F fut réduite à la moindre déviation, et dans l'autre spectre la raie H.

LA RAIE.	DOUBLE déviation observée dans le spectre polarisé	
	Perpendiculairement à l'axe A.	Parallèlement à l'axe A.
H.	45°,030	44°,330
G.	44 ,750	44 ,040
F.	44 ,405	43 ,695
E.	44 ,225	43 ,510
D.	44 ,005	43 ,295
C.	43 ,835	43 ,125
B.	43 ,770	43 ,055

Prisme A, n° 2. L'angle réfringent = 42° 40′ 16″.

Dans ce prisme, les raies H et G seules furent si appréciables, que je pouvais mesurer leur déviation. Je ne puis expliquer quelle en était la cause. Dans un troisième prisme, qui fut taillé de la même manière, il y avait partout des faces de clivage analogues à celles dont j'ai déjà parlé à l'occasion de la topaze de Schneckenstein, et qui rendaient les observations impossibles. Cependant je ne pouvais pas voir les moindres traces de telles faces dans le prisme n° 2.

LA RAIE.	DOUBLE déviation observée dans le spectre, dont le plan de polarisation était	
	Perpendiculaire à l'axe A.	Parallèle à l'axe A.
H.	67°,420	66°,555
G.	66 ,995	66 ,115

Les indices sont :

LA RAIE.	SPECTRE polarisé perpendiculairement à l'axe A. Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	DIFFERENCE.
H.	1,63506	1,63490	+0,00016
G.	1,63123	1,63140	−0,00017
F.	1,62652		
E.	1,62408		
D.	1,62109		
C.	1,61880		
B.	1,61791		

et

LA RAIE.	SPECTRE polarisé parallèlement à l'axe A. Prisme n° 1.	Prisme n° 2.	DIFFERENCE.
H.	1,62551	1,62758	0,00207
G.	1,62156	1,62374	0,00218

Prisme B. L'angle réfringent = 49° 3′ 8″. Température = + 19°.

Dans les deux spectres, la raie H était la moins déviée.

LA RAIE.	DOUBLE déviation observée dans le spectre polarisé	
	Perpendiculairement à l'axe B.	Parallèlement à l'axe B.
H.	79°,580	80°,160
G.	79 ,030	79 ,610
F.	78 ,385	78 ,965
E.	78 ,030	78 ,615
D.	77 ,620	78 ,210
C.	77 ,295	77 ,880
B.	77 ,165	77 ,755

Prisme C. L'angle réfringent = 38° 38′ 54″. Température = + 16°.

Dans les deux spectres, la raie H fut faite la moins déviée.

LA RAIE.	DOUBLE déviation observée dans le spectre polarisé	
	Perpendiculairement à l'axe C.	Parallèlement à l'axe C.
H.	58°,935	58°,760
G.	58 ,555	58 ,380
F.	58 ,105	57 ,920
E.	57 ,860	57 ,680
D.	57 ,570	57 ,390
C.	57 ,340	57 ,155
B.	57 ,245	57 ,060

En calculant d'après ces observations les indices de réfraction pour les rayons des spectres polarisés dans un sens perpendiculaire, respectivement aux axes A, B et C, on aura le tableau suivant :

LA RAIE.	LES INDICES de réfraction pour le spectre polarisé perpendiculairement à		
	L'axe A.	L'axe B.	L'axe C.
H.	1,63506	1,62539	1,62745
G.	1,63123	1,62154	1,62365
F.	1,62652	1,61701	1,61914
E.	1,62408	1,61452	1,61668
D.	1,62109	1,61161	1,61375
C.	1,61880	1,60935	1,61144
B.	1,61791	1,60840	1,61049

Si on désigne ici, comme pour l'arragonite, les indices dans les spectres A, C et B par n', n'' et n''', on trouvera :

LA RAIE.	LE RAPPORT $\frac{n'}{n''}$.	LE RAPPORT $\frac{n'}{n'''}$.
H.	1,00466	1,00595
G.	1,00467	1,00597
F.	1,00456	1,00588
E.	1,00458	1,00592
D.	1,00455	1,00588
C.	1,00459	1,00587
B.	1,00461	1,00591

Ces rapports diffèrent si peu entre eux, qu'on serait porté à regarder les différences comme n'étant que des erreurs d'observation. Cependant ils paraissent augmenter un peu depuis le violet jusqu'au rouge, et, par conséquent, ne pas contredire le résultat obtenu pour le spath d'Islande, le cristal de roche et l'arragonite.

Les inclinaisons des axes optiques, calculées par la formule :

$$\text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2} \alpha = \frac{n''^2 - n'''^2}{n'^2 - n'''^2}.$$

deviennent les suivantes :

LA RAIE.	INCLINAISON des axes optiques.
H.	54° 54′ 0″
G.	55° 34′ 24″
F.	56° 37′ 24″
E.	56° 40′ 30″
D.	56° 37′ 30″
C.	56° 3′ 0″
B.	55° 51′ 58″

Abstraction faite des irrégularités dans ces valeurs vers l'extrémité rouge du spectre, il paraît que *l'inclinaison des axes optiques va en diminuant avec la réfrangibilité des rayons*, tandis que pour l'arragonite c'était le contraire.

Quant à la valeur de l'inclinaison, M. Brewster l'a trouvée = 65°, et M. Biot = 64° 14′. Cette différence de plus de 8° paraît indiquer des erreurs dans la détermination des indices, si d'ailleurs l'inclinaison dans divers échantillons de la topaze incolore, n'est pas différente, comme M. Brewster l'a reconnu pour les diverses espèces de topaze du Brésil. Il est à observer que tous les prismes avec lesquels j'ai fait les observations précédentes, provenaient de la même topaze. N'ayant ensuite que des plaques minces, je ne pouvais, à cause de la grande étendue des anneaux elliptiques, mesurer l'inclinaison des axes avec précision.

En prenant pour la topaze, comme pour l'arragonite,

l'élasticité dans l'axe A comme unité, on trouve les valeurs suivantes de l'élasticité selon les autres axes.

L'ÉLASTICITÉ dans la topaze selon les axes de cristallisation.

A.	B.	C.
1	1,01186	1,00922

Dans son *Mémoire sur la double Réfraction* (*Mémoires de l'Institut*, t. VII), Fresnel a donné, d'après des expériences de diffraction faites avec la topaze incolore, le rapport entre la moindre et la plus grande vitesse. Il l'avait trouvé = 0,9938. D'après mes expériences, on trouve comme résultat moyen $\frac{n'''}{n'} = \frac{1}{1,00591} = 0,99412$, qui excède celui-là de 0,0003. En partant du rapport 0,9938, et supposant l'inclinaison des axes optiques = 65°, on trouve le rapport $\frac{n''}{n'}$ par l'équation :

$$\frac{n''^2}{n'^2} = \frac{n'''^2}{n'^2} + \left(1 - \frac{n'''^2}{n'^2}\right) \text{Sin.}^2 \tfrac{1}{2}\alpha.$$

On obtient ainsi 0,99560. Mes expériences donnent $\frac{n''}{n'} = 0,99542$, qui est en défaut de 0,00018. Ces différences proviennent cependant évidemment, d'une part, de la difficulté de déterminer, au moyen des expériences de réfraction faites avec des prismes différemment taillés,

ces rapports avec une précision comparable à celle qu'on obtient au moyen des expériences de diffraction, et de l'autre part, d'une inexactitude vraisemblable dans la valeur de l'inclinaison des axes optiques, trouvée par l'observation des anneaux colorés.

Expériences *sur la Circulation des liquides dans les tubes de verre verticaux;*

Par M. Dutrochet,

Membre de l'Institut.

(Lues à l'Académie des Sciences, le 23 novembre 1829.)

Lorsque l'attention des physiologistes se porta, il y a quelques années, sur le phénomène de circulation, découvert il y a environ 50 ans par Corti dans les *Chara*, un physicien ingénieux, M. Le Baillif, imagina de donner une idée de cette circulation au moyen d'une expérience de physique, dont l'idée première paraît appartenir au comte de Rumford.

Un liquide contenu dans un vase dont deux côtés opposés sont inégalement échauffés, prend dans ce vase un mouvement circulatoire; il monte du côté qui est le plus échauffé, et il descend du côté qui l'est le moins. C'est ce qui a lieu, par exemple, dans l'eau contenue dans un vase placé latéralement auprès du feu. Si l'on a un tube de verre rempli d'eau et placé verticalement, et

qu'on approche un corps chaud de l'un de ses côtés, l'eau prendra dans ce tube un mouvement circulatoire. Rendue plus légère par la chaleur, elle montera du côté du corps chaud, et elle descendra du côté opposé. Ce mouvement sera rendu sensible par les corps légers que l'eau tiendra en suspension. Or il est d'expérience qu'un tube vertical rempli d'eau qui tient en suspension des corps légers, manifeste un mouvement de circulation lorsqu'il est placé dans un appartement dont l'air paraît cependant également échauffé dans toutes les parties. C'est cette circulation que M. Le Baillif présentait plutôt comme une image que comme une explication de la circulation qui existe dans les *Chara*. Il se servait pour cela d'un tube de verre contenant de l'alcool dans lequel étaient suspendues des molécules impalpables de liége râpé. Il paraît que la cause de la circulation dont il est ici question, était considérée comme problématique, et que rien ne prouvait qu'elle pût être rapportée à l'action de la chaleur, puisque M. Raspail, vers le même temps, présenta quelques-uns de ces tubes à l'Académie des Sciences et à la Société philomatique, comme des objets curieux, et sans déterminer la cause des phénomènes qu'ils présentaient. Il publia ses observations à cet égard dans les *Annales des Sciences d'observation* (juin 1828), et il se servit de ce phénomène inexpliqué pour rendre raison de la circulation des *Chara*. Curieux de savoir à quelle cause était due la circulation observée dans le liquide que contenaient des tubes de verre établis dans un appartement dont la température paraît être partout la même, je m'appliquai à l'étude de ce phénomène. Je cherchai d'abord quels étaient les corps légers qui pou-

vaient rester long-temps suspendus dans l'eau sans se précipiter. Les molécules ligneuses impalpables ne restent suspendues dans l'eau qu'autant qu'elle est en mouvement ; dès qu'elle est dans un parfait repos, elles se précipitent ; il en est de même des molécules terreuses, etc. Il me fallait avoir des molécules opaques qui, par leur légèreté spécifique, pussent rester suspendues dans l'eau, lorsqu'elle est sans mouvement, sans tendre ni à se précipiter ni à surnager. J'ai trouvé ce que je cherchais à cet égard en employant le lait. Une seule goutte de ce liquide ajoutée à six et même à dix onces d'eau que l'on agite, suffit, par ses globules dispersés, pour rendre apercevable à la loupe tout mouvement de cette eau mise dans un tube de verre. Ces globules restent suspendus dans l'eau sans tendre à se précipiter pendant plusieurs jours, en sorte qu'il est facile de faire des observations suivies avec cette eau chargée de corps légers en suspension, et que l'on peut considérer comme de l'eau pure. Ayant rempli avec cette eau un tube de verre de six pouces de longueur et de six lignes de diamètre, je le plaçai verticalement non loin d'une fenêtre fermée et éclairée seulement par la lumière diffuse. Je vis l'eau qu'il contenait circuler en montant d'un côté et en descendant du côté opposé. Je ne tardai pas à m'apercevoir que la circulation changeait de direction, suivant les variations de la température extérieure. Lorsque la température de l'appartement était supérieure à celle du dehors, le courant ascendant était dans le tube du côté du fond de l'appartement, et le courant descendant du côté de la fenêtre ; l'inverse avait lieu lorsque la température de l'appartement était inférieure à celle du

dehors. Ainsi il me fut démontré que la circulation dont il s'agit était produite par le faible courant de chaleur qui existait dans l'air de l'appartement, et qui était dirigé, au travers de la fenêtre fermée, du dedans au dehors, ou du dehors au dedans. Les tubes remplis d'eau dont on voit la circulation à l'aide des corps légers que cette eau tient en suspension, sont donc des instrumens propres à faire découvrir la direction des faibles courans de chaleur qui existent dans l'air ambiant. Pour me servir d'une expression qui évite une circonlocution, je désignerai ces tubes sous le nom de thermoroscopes (1), mot qui signifie que ces tubes sont des instrumens indicateurs du sens dans lequel s'opère l'écoulement de la chaleur.

Le mouvement circulatoire qui a lieu dans le liquide du thermoroscope n'est point égal dans tous les points du tube; il est plus rapide dans le fond que dans la partie supérieure. Le courant descendant présente un mouvement accéléré, en sorte que ce mouvement de descente, assez lent dans la partie supérieure, acquiert graduellement plus de rapidité à mesure qu'on l'observe dans une partie plus inférieure. Le courant ascendant offre au contraire un décroissement graduel de vitesse du bas en haut, en sorte que ce mouvement d'ascension, rapide dans la partie inférieure, devient plus lent dans la partie supérieure. Ainsi, en observant le mouvement de descente et le mouvement d'ascension à la même

---

(1) Mot dérivé de θερμὸς, *chaleur;* de ῥόος, *écoulement;* et de σκοπέω, *je découvre.*

hauteur, on les voit constamment égaux; mais en les observant à des hauteurs différentes, on voit le mouvement de descente graduellement accéléré, et le mouvement d'ascension graduellement retardé.

La chaleur, dont l'inégalité légère aux deux côtés opposés du thermoroscope produit la circulation du liquide, agit d'une manière très-marquée par le degré général de son élévation sur cette circulation. Ainsi j'ai observé que lorsque la température générale est au-dessous de + 10 degrés R., il n'y a plus de circulation dans un tube rempli d'eau pure. C'est en vain qu'il existe alors un puissant courant de transmission de température, il n'agit en aucune manière sur le liquide du thermoroscope pour provoquer sa circulation. Ainsi j'ai vu que cette dernière n'existait point dans des thermoroscopes situés près d'une fenêtre dans un appartement dont la température était à + 5 degrés, lorsque la température du dehors était à + 10 degrés. Il y avait alors 5 degrés de différence entre la température de l'appartement et la température du dehors; le courant de transmission de la température du dedans au dehors devait être bien intense, et cependant il était sans action sur le liquide contenu dans le thermoroscope. Lorsque la température générale est supérieure à + 15 degrés, il suffit d'un quart de degré de différence entre la température de l'appartement et celle du dehors pour que le courant de chaleur qui résulte de cette inégalité provoque une circulation dans les thermoroscopes. Ainsi l'absence de la circulation lorsque la température est au dessous de + 10 degrés, tient évidemment à ce que les molécules du liquide étant fort rapprochées par la perte

d'une partie du calorique qui les écartait les unes des autres, elles sont alors soumises à une attraction réciproque plus forte, ce qui leur donne une *force d'inertie* à l'aide de laquelle elles résistent davantage au mouvement que le courant de la chaleur tend à leur imprimer. En effet, si l'on détruit momentanément cette *force d'inertie* au moyen d'une légère agitation du liquide, la circulation s'établit dans le sens du courant de la chaleur, et dure pendant quelque temps, ce qui prouve que le courant de la chaleur exerce alors son action sur les molécules du liquide pour les déterminer à se mouvoir. L'ébranlement des molécules du liquide est donc une condition préalable nécessaire pour que ces molécules soient mises en mouvement par le courant de la chaleur, lorsque ce courant est trop faible pour opérer à lui seul ce mouvement. Un thermoroscope dont le liquide est à la température de + 5 degrés R., non-seulement ne présente plus de circulation sous l'influence des courans de la chaleur qui existent dans l'atmosphère, mais les rayons mêmes du soleil le frappent vainement pendant quelques minutes; ils n'y produisent point de circulation, ce n'est que lorsque leur action prolongée a suffisamment augmenté la température du liquide que celui-ci circule. Ce même liquide, cependant, lorsqu'il possède une température supérieure à + 15 degrés, présente une circulation dont la rapidité devient très-considérable à l'instant même qu'il est frappé par les rayons solaires.

Ces faits prouvent que la mobilité moléculaire de l'eau est beaucoup plus grande quand elle est échauffée, que lorsqu'elle est refroidie. Ce qui avait déjà été prouvé

d'une autre manière par les expériences de M. Girard sur l'écoulement des liquides par les tubes capillaires. Ces faits prouvent en même temps, ce me semble, que le mouvement de la chaleur dans les corps est d'autant plus facile que ces corps possèdent une température plus élevée.

L'eau qui tient en solution des substances acides, alcalines ou salines, offre plus de mobilité moléculaire que l'eau pure, car les circonstances extérieures étant les mêmes, elle circule beaucoup plus vite. C'est ce dont je me suis assuré en mettant en expérience les uns à côté des autres des tubes semblables qui contenaient les uns de l'eau pure, les autres, de l'eau avec addition d'une petite quantité d'acide, d'alcali, ou d'un sel quelconque. Lorsque la température générale n'avait point assez d'intensité pour déterminer la circulation de l'eau pure, l'eau acide alcaline ou saline circulait très-bien. L'eau pure cesse de circuler lorsque la température générale est à + 10 degrés R. L'eau acide alcaline ou saline circule à des degrés inférieurs et variables de température générale. J'ai vu l'eau acidulée circuler très-bien, la température générale étant à + 5 degrés, tandis que l'eau pure d'un thermoroscope contigu était complètement immobile. Ainsi il est certain que l'eau à laquelle on ajoute un acide, un alcali ou un sel, éprouve, par cette addition, une augmentation de mobilité moléculaire qui rend les molécules susceptibles d'obéir à des causes de mouvement qui, dans les mêmes circonstances, n'agissent point pour mouvoir les molécules de l'eau pure.

Lorsqu'une substance quelconque se dissout dans l'eau

sans aucune agitation mécanique de ce liquide, et que dans l'acte de cette solution les molécules de la substance dissoute se joignent aux molécules de l'eau en vertu de leur seule attraction réciproque, le liquide qui résulte de cette association est entièrement privé de la faculté de circuler sous l'influence des courans de la chaleur tels qu'ils existent ordinairement dans l'air atmosphérique, et avec l'aide de la lumière diffuse. Voici les expériences qui m'ont dévoilé ce fait curieux. Un tube vertical étant rempli d'eau pure, qui circule si l'on ajoute à cette eau une goutte d'acide, de solution alcaline ou de solution saline, cette goutte, plus dense que l'eau, se précipite au travers de la masse du liquide. La précipitation de cette goutte et sa solution dans l'eau produisent dans celle-ci une agitation irrégulière et fort rapide; peu de temps après, cette agitation se calme et une immobilité complète s'établit dans le liquide que contient le tube. Il n'y a plus de circulation.

Il est évident que dans cette circonstance, le liquide a acquis une *fixité moléculaire* inaccoutumée; ses molécules moins mobiles n'obéissent plus à l'action du courant de la chaleur; elles demeurent fixes dans la place qu'elles occupent. Ce fait paraît en contradiction avec ceux qui nous ont appris plus haut que les substances acides, alcalines ou salines dissoutes dans l'eau, augmentent sa mobilité moléculaire. Mais cette contradiction disparaît devant l'expérience suivante : J'agite en le secouant le liquide contenu dans le tube; dès ce moment, ce liquide acquiert et conserve la propriété de circuler plus facilement que l'eau pure. Ce qui prouve que sa mobilité moléculaire est plus considérable. Ainsi le

même liquide composé d'eau et d'une substance dissoute est susceptible de présenter deux états de mobilité moléculaire très-différens, et en rapport l'un avec la *solution tranquille*, et l'autre avec la *solution agitée*. Ce fait prouve incontestablement que dans ces deux circonstances, les molécules du liquide ont une position différente et des rapports qui ne sont point les mêmes. Lors de la *solution tranquille*, les molécules du liquide sont difficilement mobiles, ce qui prouve qu'elles s'attirent réciproquement alors avec beaucoup de force; lors de la *solution agitée*, la mobilité des molécules du liquide est très-grande, ce qui prouve que leur attraction réciproque est fort diminuée. Dans ce dernier cas, les rapports réciproques des molécules sont donc moins favorables à l'attraction réciproque de ces molécules qu'ils ne le sont dans le premier cas. Ceci doit porter à penser que l'agitation des molécules du liquide est régulière lors de la *solution tranquille*, et qu'elle est irrégulière ou confuse lors de la *solution agitée*. On sait qu'il y a dans les corps solides deux modes différens d'agrégation moléculaire, l'agrégation régulière ou cristalline, et l'agrégation confuse. Dans l'agrégation cristalline, les molécules disposées suivant le mode d'attraction de leurs facettes sont généralement plus fortement unies les unes aux autres que ne le sont les mêmes molécules agrégées confusément. Or, il paraît certain que les mêmes phénomènes existent dans les liquides. Leurs molécules ont deux modes d'agrégation : l'un est l'agrégation probablement régulière dans laquelle les molécules ont la plus grande force d'attraction réciproque qu'elles puissent posséder avec l'état de liquidité; l'autre est l'agrégation

probablement confuse dans laquelle les molécules n'ont que peu d'attraction réciproque. Dans le premier cas, les molécules sont assez peu mobiles; elles le sont beaucoup dans le second. Je suis très-porté à considérer l'état de *fixité moléculaire* de l'eau comme l'analogue de l'état de *coagulation* des liquides organiques, état qui résulte de même d'un mode d'agrégation moléculaire différent de celui qui produit la parfaite liquidité.

Lorsque la fixité moléculaire de l'eau a été détruite par l'agitation, elle reparaît en donnant à l'eau une nouvelle dose de la même substance à dissoudre, et on la fait cesser par une nouvelle agitation. Lorsque la dose de la substance soluble ajoutée à l'eau est excessivement petite, elle ne produit point la fixité moléculaire de ce liquide; ainsi, en faisant usage d'un tube de six lignes de diamètre intérieur, une seule goutte d'acide nitrique ajoutée à une once d'eau contenue dans un de ces tubes produira la fixité moléculaire de cette eau. Une goutte du même acide ajoutée à six onces d'eau contenue dans un de ces tubes suffisamment long, ne produira point la fixité moléculaire de l'eau.

La pression exercée par la pesanteur d'une colonne de liquide sur les molécules de ce même liquide qui occupent la partie inférieure est un obstacle à leur mobilité. Celles de ces molécules qui sont à la partie supérieure étant les moins pressées, obéiront par cela même avec plus de facilité aux causes qui tendront à les mouvoir. Ainsi, j'ai expérimenté qu'un tube vertical long de trois pieds étant rempli d'eau, la circulation ne pénétrait qu'à environ deux pieds de profondeur, encore avant d'arriver jusque-là éprouvait-elle une diminution

graduelle de vitesse jusqu'à ce que son mouvement cessât tout-à-fait de pénétrer plus avant.

J'avais remarqué plusieurs fois que le matin la circulation du thermoroscope était beaucoup plus lente que lorsque la lumière était devenue plus intense, et cela quoique la température n'eût pas varié. Cela me fit soupçonner que la lumière avait une influence sur ce mouvement circulatoire. Pour m'en assurer, j'établis auprès d'une fenêtre éclairée par la seule lumière diffuse, deux thermoroscopes dont la circulation s'établit sur le champ. Alors je couvris un de ces tubes avec un récipient de carton, et l'autre avec un récipient de verre. Au bout de 20 minutes, je trouvai la circulation complètement suspendue dans le tube couvert avec le récipient opaque; elle se rétablit moins d'une minute après le retour de la lumière. Quant au tube qui avait été couvert avec le récipient de verre, il ne cessa point de présenter la circulation, seulement ce mouvement se trouva un peu diminué de vitesse. Ces expériences qui semblaient établir bien décidément l'influence de la lumière sur la circulation du liquide contenu dans le thermoroscope, n'étaient cependant point au-dessus de toute objection. Le carton est moins facilement perméable à la chaleur que le verre; il serait donc possible que le courant de la chaleur alors existant dans l'appartement eût continué à s'effectuer au travers des parois du récipient de verre, et eût été arrêté par les parois du récipient de carton, en sorte que ce serait encore ici l'absence du courant de la chaleur, et non l'absence de la lumière, qui aurait amené la suspension de la circulation. Cette manière de voir semble même étayée par

le fait de la diminution de vitesse de la circulation dans le tube que recouvrait le récipient de verre. Ce récipient, en effet, opposait aussi un obstacle quelconque à la transmission du courant de la chaleur ; la diminution de ce courant dans l'intérieur du récipient avait diminué la vitesse de la circulation ; si l'obstacle eût été plus grand, la circulation eût été suspendue tout-à-fait. Ainsi, en supposant que l'absence de la lumière eût véritablement une influence sur la suspension de ce phénomène circulatoire, il fallait admettre que cette suspension était en même temps l'effet de la diminution du courant de la chaleur auquel le thermoroscope était soumis. Afin d'apprécier ce qui pouvait être dû à la lumière dans cette circonstance, il était nécessaire d'étudier son influence dans des circonstances où le courant de la chaleur ne variait pas du tout. Un thermoroscope étant donc placé près d'une fenêtre fermée et éclairée par la seule lumière diffuse, j'observai la circulation jusqu'au soir. Le lendemain, dès la naissance du jour, je retournai à l'observation du thermoroscope, et je trouvai la circulation complètement suspendue. Le ciel était alors couvert de nuages, ce qui contribuait à diminuer l'intensité de la lumière naissante. Je notai le degré de la température dans l'intérieur de l'appartement et le degré inférieur de la température au dehors. Trois quarts d'heure après, la lumière ayant augmenté d'intensité, la circulation commença à s'établir d'une manière lente. Cependant la température intérieure et la température extérieure n'avaient point varié, par conséquent le courant de la chaleur qui se portait du dedans de l'appartement au dehors était toujours le même. Quelques heures après

la circulation était devenue très-rapide, ce qui coïncidait avec l'augmentation considérable de l'intensité de la lumière. Cependant la température extérieure avait augmenté, tandis que la température intérieure était demeurée la même ; par conséquent le courant de la chaleur toujours dirigé du dedans au dehors, avait perdu une partie de son intensité, ce qui devait être une cause de diminution de rapidité de la circulation. Or cette rapidité de la circulation était au contraire augmentée ; donc cette augmentation était due à l'intensité augmentée de la lumière. Pendant la nuit, le courant de la chaleur dirigé du dedans au dehors existait ; il agissait sans obstacle sur le thermoroscope, et cependant la circulation n'existait pas. Je m'en assurais en éclairant instantanément le thermoroscope avec la lumière d'une bougie ; donc la suspension de cette circulation était due à l'absence de la lumière. Peut-être pourrait-on penser que dans cette circonstance, la lumière, même lorsqu'elle est diffuse, agit en échauffant le côté du tube qu'elle frappe, et facilite ainsi la circulation du liquide qu'il contient. Cette objection tombe d'elle-même devant l'observation qui fait voir que le matin, lorsque la circulation recommence après le repos de la nuit, le courant ascendant est toujours situé du côté opposé à celui qui est frappé par la lumière, et cela parce que l'air de l'appartement est toujours plus échauffé que l'air extérieur.

L'absence de la lumière diffuse ne produit la suspension de la circulation du thermoroscope que lorsque cet instrument est rempli d'eau pure. Cette suspension n'a point lieu lorsque l'eau contient un acide, un alcali ou un sel. Cette suspension n'a point lieu non plus lorsque

la température excède + 15 degrés R. Cela provient de ce que l'eau qui contient un acide, un alcali ou un sel en solution, possède une mobilité moléculaire supérieure à celle de l'eau pure et suffisante pour que sa circulation existe sans avoir besoin de l'influence de la lumière, et malgré que la température soit inférieure à + 10 degrés. Lorsque la température générale est supérieure à + 15 degrés R., l'eau pure acquiert également une mobilité moléculaire suffisante pour circuler sans avoir besoin de l'influence de la lumière diffuse. Ainsi au-dessous de + 10 degrés R., l'eau pure ne circule point dans le thermoroscope par l'effet des faibles courans de chaleur tels qu'ils existent ordinairement dans l'air d'un appartement. De + 10 degrés à + 15 degrés, l'eau pure circule le jour et cesse de circuler la nuit. Il paraît que l'action de la lumière diffuse donne à l'eau une augmentation de mobilité moléculaire qu'elle perd dans l'absence de cet agent. Enfin au-dessus de + 15 degrés, l'eau, en vertu de l'élévation de la température, possède assez de mobilité moléculaire pour circuler continuellement dans le thermoroscope soumis aux plus faibles courans de chaleur.

Lettre *adressée à MM. les Rédacteurs des* Annales de Physique et de Chimie, *sur une Illusion d'optique.*

Messieurs,

On s'occupe maintenant en France et en Angleterre d'un phénomène dont l'observation a été communiquée

récemment par M. Faraday, et qui consiste dans les apparences singulières que présentent deux roues tournant l'une derrière l'autre avec une grande vitesse. Il y a plusieurs années que j'ai observé ces apparences et que leur examen m'a conduit à des résultats qui ont été publiés dans un mémoire particulier et dans un journal scientifique belge. Ce qui se fait chez nous ne se répand guère à l'extérieur, et M. Faraday n'a sans doute eu aucune connaissance de mon travail : des hommes d'un mérite tel que le sien sont à cet égard au-dessus de tout soupçon; mais c'est précisément parce qu'un homme tel que M. Faraday n'a pas jugé le phénomène indigne de son attention, que j'attache quelque prix à l'honneur de l'avoir observé avant lui. J'espère donc, Messieurs, que vous voudrez bien accorder dans vos Annales une place à cette réclamation; quelques mots suffiront pour établir mes droits à la priorité.

Dans une lettre insérée au 4me volume de la *Correspondance mathématique et physique* publiée à Bruxelles par M. Quetelet, année 1828, page 393, je m'exprime ainsi :

« En travaillant à mes premières expériences relatives « aux sensations, j'avais observé qu'en faisant tourner « rapidement une roue dentée dont les dents étaient « perpendiculaires à son plan, et en plaçant l'œil à « quelque distance dans le prolongement de ce plan, « on apercevait l'image d'une série de dents parfaite- « ment immobiles ; que, de même, deux roues concen- « triques tournant, l'une derrière l'autre, avec des « vitesses considérables et en sens contraire, produi- « saient dans l'œil la sensation d'une roue fixe. J'avais

« remarqué, de plus, que, lorsque les deux roues « n'étaient pas concentriques, l'image fixe se composait « de lignes courbes, etc. »

Les mêmes phrases sont reproduites dans mon Mémoire imprimé à Liége, en mai 1829, et qui a pour titre : *Dissertation sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue.* Le Bulletin de M. de Férussac a rendu compte de cette dissertation dans son numéro d'août de la même année.

Ainsi, dès 1828, l'observation des roues à spectres avait été rendue publique dans le Journal de M. Quetelet, tandis qu'il n'y a pas un an que M. Faraday a publié ses expériences dans le Journal de l'Institution royale de Londres.

Au reste, une observation qui a beaucoup d'analogie avec celles dont il est ici question, avait déjà été faite auparavant par M. Roget, qui l'a consignée dans les Transactions philosophiques, année 1825. Il a remarqué que lorsqu'une roue de voiture roule avec rapidité derrière une série d'ouvertures verticales, telles que celles d'une palissade, on ne distingue plus les rayons en mouvement, mais on voit à leur place des courbes immobiles sur la surface de la roue. M. Roget donne l'explication du phénomène, dans l'hypothèse où la palissade est sombre et la roue fortement éclairée. Ce cas n'est pas tout-à-fait celui de nos roues, qui sont supposées toutes deux éclairées, et aussi l'explication relative à ce dernier est un peu différente. Permettez-moi, Messieurs, de résumer ici en peu de mots les ré-résultats auxquels m'ont conduit mes expériences sur les roues, et la lecture du Mémoire de M. Roget. C'est

surtout la propriété de ces résultats, auxquels d'autres personnes pourraient arriver par la suite, que je tiens à conserver seul, et je serai à cet égard à l'abri de toute inquiétude si vous voulez bien, malgré leur insertion antérieure dans un journal belge (1), leur accorder une place dans vos Annales.

Le résultat principal peut s'énoncer de la manière suivante :

Si l'on suppose deux lignes brillantes (deux lignes blanches, si l'on veut), droites ou courbes, tournant, avec une grande vitesse, dans des plans parallèles, et si les vitesses des deux lignes sont entre elles dans un rapport simple, l'œil placé devant le système distinguera, sur l'espèce de gaze que semble produire le mouvement des deux lignes, l'image immobile d'une troisième ligne plus sombre que le fond sur lequel elle se dessine. Cette image est le lien des points d'intersection apparens des deux lignes en mouvement.

Pour produire ces images d'une manière commode, je me sers d'un petit instrument composé essentiellement de deux petites poulies de cuivre mises en mouvement au moyen de cordons sans fin qui s'enroulent sur une grande poulie de bois à double gorge. L'une des lignes mobiles, celle de derrière, est peinte en blanc sur un cercle de papier noir; l'autre, celle de devant, est découpée en carton blanc; le cercle et la ligne de carton s'ajustent sur les deux poulies au moyen de petits écrous.

---

(1) *Correspondance math. et phys. de M. Quetelet*, année 1828, page 394, et année 1830, page 121.

Il est inutile d'observer que ces petites poulies sont placées de manière que les lignes qu'elles supportent se meuvent l'une derrière l'autre dans des plans parallèles. Enfin, les supports des petites poulies peuvent glisser dans deux rainures parallèles, de manière qu'on puisse augmenter ou diminuer à son gré la distance apparente des centres de mouvement. On conçoit qu'au moyen de poulies de rechange, et de diamètres différens, on peut obtenir tous les rapports de vitèsses; on voit encore qu'en croisant l'un des cordons, on change le sens de l'un des mouvemens. Ainsi, au moyen de cet appareil, on peut faire varier tous les élémens qui déterminent la nature du spectre, savoir :

1°. La nature des lignes mobiles,
2°. Leurs positions initiales,
3°. Le rapport des vitesses,
4°. Leur direction relative,
5°. La distance apparente des centres de mouvement.

Ainsi, par exemple, lorsque les deux lignes sont des droites passant par leurs centres de rotation, que les vitesses sont égales et en sens contraire, et que les centres de mouvement ne sont pas superposés, l'on distingue avec surprise, sur l'espèce de surface vaporeuse et blanchâtre dont les droites, en tournant, produisent l'apparence, une ligne immobile d'une couleur grise, foncée, et offrant l'image parfaite d'une hyperbole passant par les deux centres de rotation. Pour un cas particulier des positions initiales, cette hyperbole se réduit à deux lignes droites.

On voit qu'en faisant varier les cinq élémens dont j'ai parlé, on peut ainsi présenter à l'œil les courbes les plus diverses et les plus compliquées; leur équation est dans tous les cas facile à trouver (1).

3. Voici maintenant l'explication toute simple du phénomène : pour tous les points d'intersection apparens, il est évident que l'œil ne peut recevoir de lumière que de la ligne de devant; car en chacun de ces points elle intercepte le passage de la lumière qui vient du point correspondant de l'autre ligne. Pour tous les points environnans, au contraire, l'œil reçoit successivement de la lumière de l'une et de l'autre ligne mobile. La suite des points qui forment la courbe d'intersection envoie donc à l'œil la moitié de la lumière qui lui est envoyée de tous les points étrangers à cette courbe; elle doit donc se dessiner par une teinte plus sombre que le fond. Quant à la continuité de la courbe et à l'apparence de surface blanchâtre sur laquelle elle semble tracée, ce sont des résultats évidens de la durée de la sensation de la vue. Il n'est pas plus difficile de rendre raison de l'immobilité du spectre : il est clair que, les vitesses étant supposées entre elles dans un rapport simple, les lignes mobiles reprendront leurs positions initiales à des intervalles de temps très-courts, de sorte qu'il se

---

(1) La théorie mathématique de ces courbes a été traitée par M. Le François dans la *Correspondance math. et phys. de M. Quetelet*, t. 5, p. 120 et 379; ainsi que dans un Mémoire particulier imprimé à Gand en 1830, et qui a pour titre : *Dissertatio inauguralis de quibusdam curvis geometricis*, etc.

produira une succession rapide d'images égales et dont les impressions se superposeront exactement sur la rétine, de sorte qu'elles sembleront n'en faire qu'une seule parfaitement immobile.

Maintenant, si l'on suppose que le rapport des vitesses soit altéré d'une petite quantité, les lignes mobiles, après les intervalles de temps qui les ramenaient à leurs positions initiales, ne reprendront plus exactement ces mêmes positions ; de sorte que pendant chacun de ces intervalles il se produira une courbe différente ; mais si l'on n'a fait varier le rapport des vitesses que d'une très-petite quantité, la différence entre deux spectres successifs deviendra inappréciable, et l'on croira voir l'image changer peu à peu de figure pour passer par toutes les formes qui peuvent résulter de la variation des positions initiales.

J'observerai en passant que mon instrument permet de réaliser cette supposition : en effet, en avançant ou reculant un peu l'un des supports, on augmente ou diminue la tension du cordon correspondant, ce qui produit une petite variation dans son épaisseur, et par suite dans la vitesse de la poulie. De cette manière, le phénomène dont j'ai parlé se montre on ne peut mieux, et ce n'est pas une des particularités les moins curieuses de ces expériences que de nous faire assister à ces passages graduels entre des courbes qui n'offrent souvent aucune ressemblance, passages que l'on peut du reste ralentir à son gré. C'est ainsi, par exemple, que l'on voit, dans ce cas, l'hyperbole dont j'ai parlé plus haut se transformer petit à petit en deux lignes droites.

Lorsque les centres de mouvement sont superposés,

et que le rapport des vitesses est d'ailleurs tant soit peu altéré, comme nous venons de le dire, le spectre ne change pas de forme, mais il tourne lentement autour du centre commun.

On sent que les explications que je viens de donner s'étendent aux apparences présentées par deux roues, en tenant compte des modifications apportées aux phénomènes par la largeur et la multiplicité des rayons.

L'explication de la cause qui produit les spectres conduit à cette conséquence immédiate qu'ils se montreraient également si la ligne de devant était noire au lieu d'être brillante; car alors cette ligne n'émettant aucune lumière, et l'œil n'en recevant de la ligne de derrière que dans les points où elle passe sans être croisée par celle de devant, la suite des points d'intersection devrait paraître complètement noire sur un fond blanchâtre, et c'est en effet ce qui a lieu.

On peut encore, en profitant de l'observation de M. Roget, employer pour ligne de devant une fente percée dans un cercle de papier noir. Dans ce cas, l'effet sera inverse, le spectre paraîtra blanchâtre sur un fond noir et le phénomène recevra l'explication que donne M. Roget pour le cas d'une roue éclairée roulant derrière une palissade sombre; c'est-à-dire que l'œil ne reçoit de lumière que des points d'intersection, puisque pour tous les autres, la ligne de derrière est cachée par le cercle dans lequel la fente est percée, et qu'en outre l'impression produite par chacun de ces points d'intersection successifs subsistant pendant quelque temps au fond de l'œil, nous devons avoir la sensation d'une ligne continue.

Allons plus loin : il est évident que les cinq élémens dont j'ai parlé plus haut étant donnés, il sera toujours possible de construire géométriquement la ligne des points d'intersection, c'est-à-dire la figure de l'image produite ; mais on peut renverser le problème, se donner l'image que l'on veut obtenir, ainsi que l'une des lignes mobiles, et chercher l'autre ; il est aisé de trouver pour cela des constructions géométriques. Or, dans ce cas, on peut se donner pour image immobile une figure quelconque, une tête, un homme, un mot, etc. Alors la construction géométrique donnera naissance à une figure difforme qui, tournant dans certaines conditions avec la ligne mobile donnée, reproduira l'image régulière qu'on voulait obtenir. C'est un nouveau genre d'anamorphoses, et l'on peut en faire une jolie expérience de physique amusante. En employant pour ligne mobile donnée une fente percée dans un cercle noir, il n'est pas nécessaire que la figure difforme se réduise à un simple contour, à une ligne ; elle peut être entièrement coloriée, pourvu qu'elle se détache sur un fond noir. Le mieux est de la dessiner sur un papier suffisamment transparent et de placer l'appareil devant une fenêtre ou la flamme d'une bougie ; alors, si le fond sur lequel la figure difforme se détache est bien noir et bien opaque, elle paraît très-brillante, et le spectre en acquiert d'autant plus de clarté et de netteté. Observons enfin que la figure régulière produite est multiple dans certaines circonstances ; ainsi lorsque la vitesse de la figure difforme est double et en sens contraire de celle de la ligne mobile, les centres de rotation étant superposés, l'on voit trois images régulières égales et placées symé-

triquement autour du centre. La cause de cette répétition du spectre est trop facile à saisir pour que je m'y arrête.

Je terminerai ici cette note; les personnes qui voudraient répéter mes expériences, pourront aisément suppléer aux détails que j'ai omis, tels que la construction géométrique des anamorphoses, etc., et trouveront sans peine le moyen de les varier et de leur donner le plus d'intérêt possible; elles pourront d'ailleurs consulter la Correspondance de M. Quetelet aux endroits cités.

Daignez me croire, Messieurs, etc.

PLATEAU, professeur à Bruxelles.

NOTE *sur la Séparation de quelques Oxides métalliques dans l'analyse chimique;*

PAR M. LIEBIG.

Séparation de l'oxide de fer de l'oxidule de manganèse.

En faisant bouillir avec du carbonate de chaux pur une liqueur qui contient de l'oxide de fer et du protoxide de manganèse, on en précipite l'oxide de fer, et le protoxide de manganèse reste en dissolution. La séparation est si complète, qu'on ne trouve pas plus de traces de fer dans la liqueur filtrée, que de traces de manganèse dans le précipité.

On peut, avec le même succès, employer le carbo-

nate ordinaire de magnésie dans cette séparation. Afin de connaître le degré d'exactitude de cette méthode, on a fait des mélanges de 1 partie de sulfate de protoxide de manganèse et de 40 parties de sulfate de protoxide de fer, puis des mélanges semblables, mais dans un ordre inverse; et après avoir oxidé complètement le protoxide de fer en le faisant bouillir avec l'acide nitrique, ces dissolutions ont été soumises à l'ébullition avec de la magnésie blanche.

Dans tous les cas, l'oxide de fer a été complètement précipité, et ce précipité ne contenait pas de traces d'oxidule de manganèse. On a traité de la même manière les dissolutions de ces oxides métalliques dans les acides muriatique et nitrique, et le résultat a été le même, tant par le carbonate de chaux que par la magnésie blanche.

Séparation du protoxide de fer de l'oxide de fer.

Nos analystes les plus distingués se sont occupés de la recherche d'une méthode au moyen de laquelle on pût séparer l'un de l'autre avec exactitude l'oxide et l'oxidule de fer. L'emploi des moyens de séparation que prescrit Fuchs, a ajouté à ces méthodes une méthode nouvelle qui, pour l'exactitude, ne le cède en rien aux premières, et pourra dans plus d'une circonstance leur être préférée. Des mélanges de sels à base de protoxide de fer et de sels à base d'oxide de fer ont été bouillis avec le carbonate de chaux, l'oxide de fer a été précipité à l'état de sel basique, et si complètement que la liqueur qui avait fourni le précipité ne rougissait point par l'addition de sulfocyanure de potassium. Le seul in-

convénient du procédé est que la liqueur filtrée, par la raison qu'elle est parfaitement neutre, se trouble légèrement par le changement d'une petite partie du protoxide en oxide. Mais on peut l'éviter en grande partie en se servant de magnésie pour la précipitation; le liquide dès-lors ne se trouble plus, probablement parce que la magnésie forme un sel double plus stable avec le protoxide de fer.

Dans certaines applications, ce mode de séparation peut prendre de l'importance. Les fabricans d'étoffes imprimées se servent, comme on sait, de pyrolignite de fer pour obtenir des effets très-variés dans la coloration, et c'était pour eux un problème difficile à résoudre que de connaître exactement, avant d'employer ce sel de fer, la quantité d'oxide qu'il pouvait contenir, afin d'en obtenir avec sûreté une teinte toujours uniforme.

Cette connaissance peut s'acquérir avec une très-grande facilité au moyen de la magnésie. On prend deux quantités entièrement égales de pyrolignite de fer; on oxide l'une d'elles en y ajoutant de l'eau chargée de chlore, ou en la faisant bouillir avec de l'acide nitrique; on précipite par l'ammoniaque, et on détermine ainsi le poids entier du fer qui se trouvait dans la dissolution. L'autre partie, égale à la précédente, est soumise à l'ébullition avec la magnésie, puis filtrée; le protoxide de fer est changé ensuite en oxide rouge au moyen d'une dissolution aqueuse de chlore, et l'on précipite par l'ammoniaque après y avoir ajouté une certaine quantité de sel ammoniac pour empêcher la précipitation de la magnésie. Le rapport du poids de ces deux précipités, après qu'on aura retranché le second du pre-

mier, exprimera avec une exactitude suffisante le rapport de l'oxide au protoxide.

Séparation des oxides de cobalt et de nickel de l'oxide de fer.

La magnésie blanche ne peut point être employée dans cette séparation, parce que les sels de ces deux bases sont entièrement décomposés, et les oxides se précipitent. Mais on peut recourir avec avantage au carbonate de chaux.

Le carbonate de baryte ne peut pas non plus servir à isoler l'oxide de fer des oxides de cobalt et de nickel, parce que les sels de ces métaux sont décomposés, et leurs oxides précipités à l'état d'hydrates.

Séparation de l'oxide de plomb de l'oxide de bismuth.

Lorsqu'on fait bouillir du nitrate de plomb ou du bismuth avec du carbonate de chaux, de la magnésie blanche ou du carbonate de baryte, ces sels se décomposent, et les oxides sont précipités si complètement, que l'hydrosulfate d'ammoniaque n'indique plus de traces de métal dans la liqueur séparée du précipité par filtration. A froid, c'est-à-dire dans une dissolution froide de ces deux sels, si l'on ajoute du carbonate de chaux réduit en poudre, la dissolution de bismuth est seule décomposée, et tout l'oxide de ce métal se précipite, tandis que l'oxide de plomb reste dans la dissolution.

On a plusieurs moyens de reconnaître et d'éliminer

la quantité de plomb que contient le bismuth du commerce. On a regardé comme très-bon celui qui est fondé sur la propriété que possède le chrômate d'oxide de bismuth de se dissoudre dans l'acide nitrique, tandis qu'on croit que le sel de plomb correspondant y est insoluble. Je dis *on croit*, car il n'y est pas insoluble. Le chrômate de plomb se dissout au contraire dans l'acide nitrique suffisamment étendu ; il ne s'y dissout pas, il est vrai, en aussi grande quantité que le chrômate d'oxide de bismuth, mais cette quantité est toujours très-notable.

A l'aide du carbonate de chaux dont on a déjà parlé, cette séparation s'exécute avec autant de certitude que de facilité.

(*Mag. für Pharm. von Geiger und Liebig. August* 1831.)

Sur *la Décomposition de quelques Chlorures métalliques par le Gaz oléfiant ;*

Par M. Wöhler.

En faisant passer du gaz oléfiant sec dans du perchloride d'antimoine, il s'en absorbe une grande quantité; en même temps, le liquide s'échauffe fortement et se colore en brun. Après le refroidissement, il se dépose quantité de cristaux transparens de chlorure d'antimoine. Par sa combinaison avec le gaz oléfiant, ce perchloride a perdu entièrement la propriété de fumer à l'air, et possède alors l'odeur forte de l'hydrocarbure de chlore. Quand on le soumet à la distillation, il passe un liquide

qui se sépare en deux couches dont l'inférieure est l'hydrocarbure de chlore, et la supérieure, une solution de chlorure d'antimoine dans ce liquide. En traitant ce produit par l'acide hydrochlorique et après par de l'eau, on obtient l'hydrocarbure de chlore à l'état de pureté. Dans la cornue, reste du chlorure d'antimoine noirci par du charbon.

Le chloride rouge liquide de chrôme se comporte d'une manière tout-à-fait semblable. En y faisant passer du gaz oléfiant, il se dégage beaucoup de chaleur, le liquide devient tout-à-fait opaque, puis épais, et finit par se solidifier et se changer en une masse pulvérulente. Il arrive très-souvent qu'à l'accès de l'air, le gaz s'enflamme par la chaleur développée par la combinaison, et que la masse incandescente se transforme en chlorure vert de chrôme avec dégagement d'une épaisse vapeur. Quand il ne se produit pas d'inflammation, on trouve le perchloride changé en une masse brune solide qui à l'air se résout très-promptement en un liquide brun verdâtre. L'ammoniaque précipite de cette dissolution une substance de la même couleur, tandis que dans la liqueur reste dissout du chrômate d'ammoniaque. La masse pulvérulente paraît être un chloride de chrôme proportionnel à l'oxide brun qui a été regardé comme du chrômate de protoxide; et l'existence de ce chloride pourrait autoriser à supposer que cet oxide brun est en effet un degré d'oxidation particulier du métal. L'hydrocarbure de chlore formé dans cette circonstance, est entraîné par le perchloride qui se volatilise en partie avec l'excès du gaz oléfiant, sans être décomposé par la forte chaleur qui se produit. Avec l'alcool absolu, le perchloride de

chrôme se décompose avec une telle vivacité, que le mélange s'enflamme ordinairement. Il se produit une dissolution verte de chlorure de chrôme et d'éther chlorique.

Quand on fait passer un courant de gaz oléfiant sur du chloride de cuivre fondu, il s'en dégage de grosses bulles qui, en crevant, brûlent avec une flamme d'un pourpre vif; il se dépose alors beaucoup de charbon. L'hydrocarbure de chlore formé et le gaz oléfiant sont décomposés entièrement; il se produit une petite quantité d'une huile jaunâtre, analogue pour l'odeur au camphre artificiel, et du gaz acide hydrochlorique; on trouve le chloride réduit en chlorure et en cuivre métallique.

Le chloride d'étain (esprit de Libavius), le chloride de soufre et l'iodide rouge de mercure ne sont pas décomposés ni réduits par le gaz oléfiant.

Il aurait été bien intéressant de savoir si les perfluorides se comportaient avec le gaz oléfiant d'une manière analogue à celle des perchlorides cités. Il devrait en résulter un éther fluerique; mais les difficultés attachées aux appareils rendent peu praticable l'exécution de ces expériences. Quand on fait passer le perfluoride de chrôme dans de l'alcool absolu, il est absorbé avec un fort dégagement de chaleur; les bulles, en traversant le liquide, y brûlent ordinairement avec une flamme blanche. En même temps, il se dépose une poudre d'un brun vert, et le liquide acquiert une odeur très-prononcée d'éther chlorique; mais lors même que le mélange est assez concentré pour répandre des vapeurs, on ne saurait en séparer par l'eau un éther particulier.

(*Poggendorff's Annalen.*)

SUR *la Préparation du Chrôme métallique*;

PAR JUSTUS LIEBIG.

Lorsqu'on fait passer du gaz ammoniaque sec sur la combinaison triple du chlorure de chrôme avec l'ammoniaque, que l'on tient au rouge dans un tube de verre, elle est complètement décomposée, et l'on obtient du chrôme métallique pulvérulent d'une couleur tout-à-fait noire, qui prend sous le brunissoir un éclat métallique, s'enflamme lorsqu'il est chauffé au rouge, et s'éteint peu à peu en une poussière brune.

Si l'on sature de gaz ammoniaque le chlorure de chrôme, la combinaison a lieu quelquefois avec apparition de feu; le vase est rempli intérieurement d'une lumière d'un rouge pourpré, qui dure jusqu'à ce que le chlorure de chrôme soit saturé.

On obtient le chrôme métallique d'une manière encore plus simple, en réduisant le chlorure de chrôme par le gaz ammoniaque dans les mêmes circonstances; le métal n'est pas alors noir, mais d'un brun de chocolat.

La préparation du chlorure de chrôme est si connue, qu'il paraîtrait superflu d'en dire encore quelque chose si elle n'était intéressante par elle-même.

Lorsque l'on évapore la dissolution neutre de l'oxide de chrôme dans l'acide muriatique, on obtient, comme l'on sait, une masse verte qui ne s'altère point à la température de l'eau bouillante et même quelques degrés

plus haut, et il ne se dégage point d'eau. Mais à une température de 200° à 300°, elle commence à se gonfler, et tout en abandonnant de l'eau, elle se change en une masse spongieuse, cristalline, brillante, d'un rouge de fleur de pêcher, que l'on pourrait prendre pour un sublimé, mais qui n'en est point un, car cette combinaison n'est point volatile. La transition d'un muriate en un chlorure ne peut être prouvée d'une manière plus convaincante pour aucune autre combinaison.

Il est connu que l'on obtient par la calcination du chlorure à l'air un oxide vert; mais il est d'une belle couleur si prononcée, que la méthode pour le préparer ne sera peut-être pas sans intérêt pour les fabriques de porcelaine. Si l'on emploie la méthode de Frick, il faut, au lieu de précipiter la dissolution muriatique, l'évaporer seulement et calciner le sel desséché.

Si l'on fait passer à chaud du gaz hydrosulfurique sur du chlorure de chrôme, on obtient un sulfure de chrôme cristallin et d'un noir brillant.

Le chrôme métallique préparé de la manière indiquée plus haut s'altère à l'air par la chaleur rouge; mais par une calcination continuée, il ne prend aucune couleur verte, ce qui devrait cependant arriver lors même que ce métal contiendrait encore du chlorure de chrôme à l'état de mélange. Je n'ai pas recherché davantage si l'oxide qui en provient diffère dans sa décomposition de l'oxide vert ordinaire. Si l'on fait fondre du chlorure de chrôme dans des rapports convenables avec du sel ammoniac et du carbonate de soude, on n'obtient pas, d'après Wohler, de chrôme métallique, mais bien de l'oxidule de chrôme en paillettes cristallines, et en

outre, des cristaux de sel marin transparens, colorés en un beau vert, combinés apparemment avec du chlorure de chrôme.

Sur *une Modification isomérique de l'Acide tartrique;*

Par M. Henri Braconnot.

Les acides tartrique et racémique ont présenté, comme on le sait, le premier exemple bien constaté de l'isomérie. Les réflexions judicieuses de M. Dumas sur ce phénomène extraordinaire m'ont rappelé un fait qui me paraît devoir s'y rattacher, et que j'ai eu occasion d'observer sur l'acide tartrique.

4 grammes de cet acide ayant été exposés un instant à une vive chaleur, se sont fondus en se boursoufflant, et ont laissé après le refroidissement une matière sèche, jaunâtre, transparente comme de la gomme, du poids de 3,65 grammes. Cette matière ramollie par la chaleur, acquiert une grande ductilité qui permet de la tirer en longs fils aussi fins que des cheveux.

Ce changement rapide de forme qui rappelle le dimorphisme du soufre, annonce un nouvel arrangement moléculaire, ou un passage d'une modification isomérique à un autre. En effet l'acide tartrique ainsi soumis à l'action de la chaleur, n'a plus les mêmes propriétés; il est incristallisable, et n'offre plus qu'un mucilage épais, visqueux, qui attire l'humidité de l'air.

Si dans sa dissolution dans l'eau chaude on projette successivement du carbonate de chaux pour le saturer, il ne se forme point, comme avec l'acide tartrique ordinaire, un dépôt sablonneux de tartrate de chaux cristallisé, mais la liqueur se trouble peu à peu en refroidissant, et laisse déposer une masse poissante, mucilagineuse, transparente, insipide, filant entre les doigts comme de la térébenthine. Ce sel calcaire desséché est transparent, inaltérable à l'air, et ressemble à de la gomme arabique. Chauffé dans l'eau ou dans l'acide acétique affaibli, il se liquéfie de nouveau en reprenant sa consistance visqueuse et collante primitive sans se dissoudre sensiblement; mais un excès de son acide le redissout surtout à chaud, et par l'évaporation de la liqueur à siccité, il reste une combinaison acidule sèche, fragile, transparente comme un vernis, inaltérable à l'air, laquelle plongée pendant quelque temps dans l'eau froide, semble éprouver un mouvement moléculaire qui reproduit l'acide tartrique dans son premier état, car alors il se sépare un dépôt sablonneux de tartrate de chaux ordinaire.

L'acide tartrique modifié par la chaleur, dissout aussi la magnésie et donne une liqueur amère qui laisse après son évaporation un enduit vernissé. L'acide tartrique cristallisé se comporte d'une tout autre manière avec cette terre, car il se précipite aussitôt, comme on le sait, un sel en poudre blanche difficilement soluble dans l'eau.

Le même acide modifié, saturé par la soude, produit une combinaison mucilagineuse incristallisable, attirant l'humidité.

Avec la potasse on obtient un résultat analogue; si

à cette dernière combinaison on ajoute un excès d'acide, il se forme un précipité blanc très-divisé, aussi peu soluble que le tartre, mais n'ayant point son aspect grenu. Redissout dans l'eau chaude, il donne par le refroidissement des plaques blanches opaques dans lesquelles on distingue à peine des rudimens de cristaux. Au reste ce sel acidule saturé par la soude fournit une combinaison cristalline analogue au sel de Seignette.

Quoique l'acide tartrique exposé à l'action de la chaleur ne soit pas un corps isomérique bien permanent, du moins il offre une tendance remarquable à cet état.

Sur *la Production artificielle du Carbonate de chaux cristallisé, et sur deux Combinaisons de ce Sel avec l'Eau.*

Daniell a observé (*Ann. de Ch. et de Phys.*, t. x) que lorsqu'on abandonne à elle-même une solution aqueuse de chaux et de sucre, il s'y produit au bout de quelques mois du carbonate de chaux cristallisé en rhomboèdres très-aigus, et qu'en même temps la solution perd ses propriétés et se change en une matière mucilagineuse précipitable par l'alcool, l'acétate de plomb basique et le protochlorure d'étain. M. Daniell a conclu de cette expérience que le sucre, par l'action lente que la chaux exerce sur lui, se change en mucilage.

Plus tard, M. Becquerel a obtenu les mêmes cristaux à l'aide des courans électriques, dont l'application a

donné lieu, entre ses mains, à des découvertes aussi nombreuses qu'inattendues.

L'expérience a été faite en introduisant dans un tube recourbé en U une dissolution formée de 16 parties de sucre, 1 partie de chaux et 100 parties d'eau, plaçant au bout de ce tube un petit tampon de coton pour séparer les liquides contenus dans les deux branches, faisant ensuite plonger dans chacune de ces branches une lame de platine communiquant avec l'un des pôles d'une pile voltaïque faiblement chargée, ayant d'ailleurs soin de fermer avec du mastic les ouvertures du tube. Au bout de 6 à 8 jours, on voit se déposer dans la branche positive du tube des petits cristaux de carbonate de chaux.

M. Becquerel a observé que les cristaux obtenus soit par l'action de l'air sur une dissolution de chaux et de sucre, soit par le procédé électro-chimique, sont identiques, qu'ils se décomposent peu à peu dans l'eau, s'effleurissent à l'air, qu'ils sont hydratés et appartiennent au système de l'arragonite (*Ann. de Ch. et de Phys.*, t. XLVII). Les expériences de M. Becquerel ayant été faites sans le contact de l'air, il n'y a pas à admettre d'autre hypothèse que celle de la décomposition du sucre pour expliquer la formation du carbonate de chaux.

Curieux de savoir si les choses se passent de la même manière quand on abandonne à l'air une dissolution de sucre et de chaux, le résultat, quel qu'il fût, devant intéresser le fabricant et le raffineur de sucre, j'ai fait les expériences consignées dans cette note, et constaté 1° que l'air seul fournit de l'acide carbonique à la chaux; 2° que le sucre se retrouve en entier après la formation du car-

bonate de chaux, et qu'il ne commence à se décomposer qu'après qu'il n'y a plus de chaux dans la liqueur; 3° qu'il existe deux combinaisons d'eau et de carbonate de chaux, l'une contenant cinq, et l'autre trois atomes d'eau.

Une dissolution de 1 partie de chaux, 3 parties de sucre et 6 parties d'eau, faite le 18 novembre, abandonnée à elle-même dans un vase ouvert, s'est recouverte au bout d'environ 48 heures de très-petits cristaux de carbonate de chaux, dont le volume et le nombre se sont beaucoup accrus pendant une quinzaine de jours. Le 7 janvier, la dissolution ne contenait plus de chaux, mais seulement une trace de carbonate dissous sans doute à la faveur d'un peu d'acide carbonique, car après avoir fait bouillir la liqueur, l'oxalate d'ammoniaque n'y formait plus qu'un nuage à peine sensible.

Cette dissolution était sans action sur le tournesol. Elle ne contenait donc ni chaux ni acide acétique libres. L'alcool et le sous-acétate de plomb n'y formaient aucun précipité; l'acide sulfurique étendu chauffé avec la liqueur n'en dégageait aucune odeur de vinaigre; en un mot, sa saveur et ses propriétés ne différaient en rien de celles d'une autre dissolution de sucre faite dans la même quantité d'eau.

Une partie de la même solution aqueuse de sucre et de chaux, renfermée depuis le 18 novembre, partie dans un verre recouvert d'huile, partie dans un flacon auquel est adapté un tube recourbé plongeant dans le mercure, n'a pas encore subi la moindre altération. La liqueur est restée parfaitement limpide.

Un autre flacon contenant le même mélange, a été débouché au bout de deux mois, et le liquide, exposé

dans un vase à large ouverture, a laissé déposer après 48 heures des cristaux de carbonate de chaux hydraté.

Une eau sucrée au sein de laquelle s'était déposé ainsi du carbonate de chaux, m'a servi plusieurs fois à obtenir de nouvelles cristallisations de ce sel en la faisant bouillir après chaque expérience avec de nouvelles quantités de chaux ; et en effet, elle peut servir indéfiniment à cet objet, puisque le sucre qu'elle contient n'éprouve aucune espèce de décomposition.

Le phénomène qui se passe dans cette circonstance ne peut mieux être comparé qu'à celui dont l'observation a donné lieu à la fabrication de la céruse de Clichy. Si la précipitation de la chaux par l'acide carbonique de l'air ne s'arrête que quand le liquide n'en contient plus, c'est qu'ici il n'y a pas, comme dans la préparation du carbonate de plomb par le procédé français, un acide à opposer à un acide, car s'il est permis d'assimiler à une combinaison saline l'union du sucre avec la chaux, une fois qu'il est séparé de cette dernière et redevenu libre, il rentre incontestablement dans la classe des substances neutres.

Pour constater d'une manière plus positive encore que l'acide carbonique vient entièrement de l'air et n'est pas fourni par le sucre, j'ai introduit dans une cloche graduée un mélange de 3 volumes d'air atmosphérique et de 1 volume d'acide carbonique, et j'y ai fait passer ensuite un excès d'une dissolution de chaux dans l'eau sucrée. Au bout de quelques jours, le mercure restant stationnaire dans la cloche, et le volume du gaz absorbé indiquant qu'il n'y avait plus d'acide carbonique libre, on recueillit avec soin les cristaux de carbonate de chaux,

et on les desséchа après les avoir lavés. Leur poids indiqua une quantité d'acide exactement semblable à celle qui avait été introduite dans la cloche graduée et absorbée par la liqueur. Ainsi dans l'expérience dont je parle, le sucre borne uniquement son rôle à tenir en dissolution une grande quantité de chaux et à la présenter pour ainsi dire molécule à molécule à l'acide carbonique. Le carbonate de chaux se formant lentement dans un milieu aqueux, s'y dépose avec de l'eau de cristallisation.

Quoi qu'il en puisse être de cette explication relativement à la présence de l'eau dans ce sel, obtenu comme je l'ai dit, il en contient toujours 5 atomes. On peut varier beaucoup les proportions d'eau, de sucre et de chaux, et obtenir toujours de belles cristallisations; mais elles m'ont paru se produire d'autant mieux que la température était plus basse : à + 30°, on n'obtient plus de carbonate hydraté, ce qu'il était facile de prévoir par la connaissance des propriétés de ce sel.

Il est blanc, cristallisé en rhomboèdres très-aigus, sans aucune saveur, insoluble dans l'eau, d'une densité de 1,783 à + 10°, tandis que le carbonate restant pèse de 2,3 à 2,8.

Exposé à une température de 28 à 30°, il abandonne son eau de cristallisation et devient pâteux. Au-dessous de 20 degrés, il se conserve à l'air et dans l'eau sans éprouver d'altération. Dans la préparation de ce sel, pour le débarrasser de la liqueur sucrée dont il est imprégné, on peut donc, sans crainte de le décomposer, le laver avec de l'eau que l'on a fait refroidir.

Chauffé à + 100°, il perd 47,08 pour % d'eau, quantité qui correspond à 5 proportions. Il est d'ailleurs

formé, comme le carbonate naturel, d'un équivalent d'acide et d'un équivalent de base, car la chaleur n'en dégage l'acide carbonique qu'au rouge obscur, et quand il a été desséché, il exige pour se dissoudre la même quantité d'acide hydrochlorique que le marbre blanc, et les deux dissolutions demandent, pour être précipitées, une même quantité d'oxalate d'ammoniaque.

L'action de l'eau sur ce sel est très-remarquable; elle le déshydrate complètement à environ 30° centigrades. L'effet est très-sensible quand on agite les cristaux avec de l'eau tiède; ils se brisent immédiatement et se réduisent en une poudre très-ténue ressemblant tout-à-fait à de la craie.

Le phénomène produit par l'alcool est peut-être encore plus curieux. Ce liquide concentré et bouillant donne aux cristaux un aspect légèrement terne, mais il n'altère pas leur forme, et si on les examine après les avoir jetés sur un filtre et les avoir desséchés à une température basse, de + 5 à + 10° par exemple, on trouve qu'il leur reste 34,8 pour cent d'eau, c'est-à-dire encore 3 proportions.

L'alcool étendu d'eau peut déshydrater complètement le carbonate de chaux, mais l'effet est beaucoup moins rapide qu'avec l'eau pure.

Il est remarquable de voir un corps généralement aussi avide d'eau que l'alcool, ne pas l'enlever à une température de 78° à un sel qui la perd dans l'air et dans l'eau elle-même à + 30°. Ce résultat m'avait d'abord porté à croire que le carbonate à 3 atomes d'eau, obtenu comme je viens de le dire, devait être beaucoup plus stable que celui qui en contient 5 atomes, mais il n'en est pas

ainsi. Il s'effleurit rapidement, et on ne peut le conserver qu'à une très-basse température et dans le contact de l'air.

L'éther ne présente rien de semblable dans son contact avec le carbonate de chaux hydraté. A + 30° environ ce sel perd son eau de cristallisation comme dans l'air et dans l'eau.

En abandonnant à l'air des dissolutions de gomme, d'amidon et de sucre de lait avec de la chaux, j'ai toujours obtenu, au bout de peu de jours, des cristaux qui m'ont présenté la même forme et la même composition que ceux produits avec le sucre; mais on en obtient davantage et plus facilement en se servant de ce dernier corps.

Lorsqu'on substitue à la chaux de la baryte ou de la strontiane, il ne se produit rien d'analogue. Les carbonates de ces terres se précipitent à l'état anhydre. Dans l'espoir d'obtenir des carbonates doubles, j'avais dissous dans l'eau sucrée quelques mélanges de chaux, de baryte et de strontiane, mais je n'ai rien obtenu de ce que j'attendais.

Il résulte des faits rapportés dans cette note que la chaux n'exerce point d'action décomposante sur le sucre, et que si les sucres bruts altérés par le temps renferment quelquefois du carbonate de chaux, l'acide contenu dans ce sel a été fourni en entier par l'air atmosphérique.

Nouvelles *Recherches sur le Sang* ;

Par M. L. R. Lecanu,

Pharmacien, Membre du conseil de salubrité (1).

(Extrait communiqué par l'auteur.)

PREMIÈRE PARTIE.

Examen du sang.

« Pour procéder à son examen, j'ai versé dans du sang d'homme, récemment extrait de la veine, un grand excès d'alcool à 33° ; aussitôt d'abondans flocons rouges se sont précipités et séparés d'une liqueur dont une nouvelle addition d'alcool n'a plus troublé la transparence. Les flocons recueillis sur un linge et fortement exprimés ont été traités à plusieurs reprises par l'alcool bouillant. De là une masse solide insoluble dans l'alcool, et une liqueur légèrement rosée dans laquelle se trouvaient les principes du sang solubles dans l'alcool faible et dans l'alcool concentré.

La liqueur alcoolique évaporée au bain-marie a répandu pendant tout le cours de l'évaporation une odeur fade assez analogue à celle du bouillon, et vers la fin s'est légèrement troublée par suite de la séparation d'une

(1) L'Académie de médecine a décerné à l'auteur de ce Mémoire une médaille d'or de 500 fr.

certaine quantité de matière grasse devenue insoluble dans le produit aqueux. Le résidu de l'évaporation était d'un brun jaunâtre, de saveur assez agréable et salée, très-déliquescent. Je l'ai introduit dans un flacon et traité à plusieurs reprises par l'éther; une portion seulement s'est dissoute, ce qui m'a donné une solution éthérée *A*, et un résidu *B*.

Liqueur éthérée. — La liqueur éthérée était parfaitement limpide, d'un jaune clair. Par son évaporation spontanée, elle a fourni un résidu brun rougeâtre, de saveur âcre et persistante, de consistance analogue à celle de la térébenthine, et paraissant formé de deux matières distinctes, l'une solide et d'une texture nacrée, l'autre liquide et comme huileuse. Ce résidu se dissolvait immédiatement et en totalité dans l'éther, mais au contraire fort incomplètement dans l'alcool froid. L'ayant délayé dans l'alcool, la matière solide ne fut pas dissoute, elle restait attachée aux parois du vase auxquels elle adhérait à la manière des résines.

Matière grasse cristallisable. — La matière cristalline a été lavée à plusieurs reprises avec de l'alcool froid, puis traitée par l'alcool bouillant qui l'a dissoute, et par le refroidissement l'a laissé déposer sous forme de lames parfaitement blanches et nacrées.

Cette matière dont Schwilgué, dans un Mémoire présenté à la Société de l'École de médecine, paraît avoir le premier entrevu l'existence, et que M. Chevreul a plus tard assimilée à la matière grasse du cerveau, m'a présenté les propriétés suivantes :

A l'état de pureté elle est d'un blanc mat, sans odeur et sans saveur.

Son aspect, qui conserve toujours quelque chose de gras, la fait aisément distinguer à l'œil, même de la cholestérine avec laquelle elle offre d'ailleurs plusieurs points de ressemblance.

La fusion a lieu vers le 150° du thermomètre centigrade.

L'alcool froid ne la dissout pas, l'alcool bouillant la dissout en grande quantité, et par le refroidissement la laisse déposer presque en totalité sous forme de lames brillantes ou quelquefois en globules oléagineux lorsque le refroidissement est rapide et la solution concentrée.

L'éther froid la dissout rapidement, et la solution qui en résulte, de même que celle dans l'alcool, n'exerce aucune action sur les réactifs colorés.

L'eau de potasse ne paraît susceptible ni de la dissoudre ni de l'altérer; du moins j'ai trouvé que la matière cristalline, après être restée près d'une heure en contact avec une solution de potasse caustique concentrée et bouillante, n'avait pas changé de fusibilité. Dans sa décomposition par la chaleur elle fournit des produits ammoniacaux, et laisse un résidu contenant de l'acide phosphorique.

Matière huileuse. — En évaporant au bain-marie la liqueur alcoolique jaunâtre, provenant des lavages de la matière cristalline ci-dessus, j'ai obtenu un résidu de saveur âcre et persistante, d'odeur fade et de consistance térébenthineuse, auquel j'ai reconnu les propriétés suivantes :

L'eau ne le dissout ni à chaud ni à froid.

L'éther et l'alcool le dissolvent immédiatement en se colorant en jaune, et produisent des solutions qui

ne rougissent nullement le papier bleu de tournesol.

Les acides hydrochlorique et nitrique ne paraissent lui faire subir à froid aucune espèce d'altération, l'acide sulfurique concentré le brunit.

L'eau de potasse le dissout à l'aide d'une légère chaleur, et donne naissance à une solution dont l'acide hydrochlorique précipite des flocons blancs qui se rassemblent à la surface du liquide, et, par l'impression d'une légère chaleur, se fondent en un liquide jaune. A l'aide de lavages convenablement répétés, on en sépare l'excès d'acide, et si, lorsque les eaux de lavage cessent de rougir le papier bleu, l'on essaie la matière huileuse, on voit qu'elle communique à l'alcool la propriété de rougir fortement les couleurs bleues végétales; il suit de là que la partie huileuse du sang peut être convertie par la potasse en une substance acide, ainsi que cela s'observe avec un grand nombre de corps gras.

Sa très-petite quantité ne m'a d'ailleurs pas permis de reconnaître si cette matière est homogène dans sa composition, ou formée de deux substances à la manière des huiles.

Lorsqu'on l'expose à une température capable de la décomposer, elle répand des vapeurs ammoniacales, et laisse un résidu tout-à-fait sans action sur le papier bleu de tournesol.

Cette matière, que son état demi-liquide, sa solubilité dans l'alcool froid, sa transformation en acide par l'eau de potasse, la nature du résidu qu'elle fournit par l'incinération, distinguent de la matière grasse cristalline, doit être considérée comme un véritable principe immédiat du sang, car elle en fait constamment partie.

Résidu B. — La portion d'extrait alcoolique insoluble dans l'éther fut traitée par l'alcool froid à 40° jusqu'à ce que l'alcool ne se colorât plus. J'obtins ainsi une liqueur d'un brun jaunâtre et un nouveau résidu *C*.

La liqueur alcoolique, par son évaporation au bain-marie, fournit une masse d'un jaune orangé, très-déliquescente, de saveur assez agréable, sans être salée, mais tout-à-fait différente de celle du bouillon ; traitée par l'éther, elle ne fut pas dissoute, et lui céda seulement quelques traces de matière grasse.

L'eau et l'alcool froid la dissolvaient avec facilité, et manifestaient des propriétés alcalines.

Les acides hydrochlorique et nitrique déterminaient dans la solution aqueuse la formation de flocons jaunâtres sans aucune apparence de texture cristalline.

L'ammoniaque et la potasse caustique ne la troublaient pas, l'infusion de noix de galle la précipitait en brun.

Le sous-acétate de plomb liquide y formait un précipité soluble dans un excès de sous-acétate.

Par la calcination elle répandait des vapeurs ammoniacales et laissait un résidu très-sensiblement alcalin.

M. Berzelius a considéré ce produit comme un mélange de lactate de soude et de matière organique. Quelques chimistes, au contraire, l'ont assimilé à l'osmazôme ; mais cette seconde opinion me semble peu probable, car si la matière que nous venons d'examiner possède plusieurs des propriétés de l'osmazôme, et notamment sa solubilité dans l'alcool et dans l'eau, elle en diffère surtout en ce que sa solution est précipitée par les acides, tandis que cet effet n'a pas lieu avec la dissolution d'os-

mazôme. Je ne lui ai d'ailleurs point trouvé l'odeur et la saveur éminemment caractérisques de cette dernière substance, lorsque j'avais complètement séparé les matières grasses. Or, si l'on fait attention que, suivant l'intéressante observation de M. Chevreul, la matière cristalline répand par son ébullition avec l'eau une odeur tout-à-fait analogue à celle du bouillon, il deviendra, ce me semble, extrêmement probable que la matière extractive dont nous nous ocupons n'a pu être assimilée à l'osmazôme que parce qu'on l'avait obtenue mélangée de matière cristalline.

Résidu C. — Le résidu *C*, insoluble dans l'éther et l'alcool à 40°, ayant été traité à plusieurs reprises par l'alcool à 33° bouillant, lui a cédé des hydrochlorates et quelque peu de matière extractive analogue à la précédente, qu'on a facilement séparée au moyen de l'alcool à 40°.

Le nouveau résidu traité par l'eau distillée froide s'est dissout, moins une très-petite quantité de matière brune insoluble dans l'eau froide, l'eau bouillante et l'alcool bouillant, que j'ai cru pouvoir considérer comme un mélange d'albumine et de matière colorante.

En versant dans une portion de la liqueur saline quelques gouttes d'acide acétique, elle s'est abondamment troublée, puis a laissé déposer des flocons blanchâtres, que j'ai recueillis sur un filtre et lavés à l'eau distillée froide; détachés du filtre, ces flocons offraient tout-à-fait l'aspect de l'albumine gélatineuse. Ils se dissolvaient comme elle dans l'ammoniaque, les acides acétique et hydrochlorique, mais plus aisément. Il me semble d'après cela que la matière extractive de M. Berzelius, in-

soluble dans l'alcool et soluble dans l'eau, pourrait bien n'être autre chose que le composé d'albumine et de soude dont parle M. Brande. Il est du moins bien certain que cette matière animale, que M. Berzelius, dans son analyse du sérum, supposait pouvoir provenir de l'action de l'eau bouillante sur l'albumine, existe toute formée dans le sang. Le procédé à l'aide duquel je me la suis procurée ne laisse aucun doute à cet égard. Une autre portion de la solution saline a été évaporée, et le résidu calciné dans un creuset de platine. Il a éprouvé une perte assez considérable, due à la décomposition de la matière organique. Le produit de l'incinération était formé d'hydrochlorate de potasse et de soude, de sulfate, de phosphate et sous-carbonate alcalin. La dissolution aqueuse de saveur urineuse et salée se comportait ainsi qu'il suit avec les réactifs.

Papier rouge.........	La couleur du papier passe rapidement au bleu.
Acide hydrochlorique.	Vive effervescence.
Nitrate d'argent......	Précipité blanc floconneux, en partie soluble dans l'acide nitrique, en totalité dans l'ammoniaque.
Nitrate de baryte	Précipité blanc floconneux, en partie soluble dans l'acide nitrique, et de telle sorte que la partie insoluble n'offre plus que l'aspect grenu du sulfate de baryte.

En versant dans la solution saline un excès de nitrate

de baryte, recueillant le précipité formé, le lavant, puis le traitant par l'acide nitrique, j'ai obtenu une liqueur dont l'ammoniaque précipitait des flocons blancs de phosphate.

Quant aux sels enlevés par l'alcool bouillant, leur dissolution aqueuse était précipitée par l'acide tartrique et l'hydrochlorate de platine, et par conséquent se comportait comme une solution d'hydrochlorate de soude et de potasse.

Le coagulum précipité par l'alcool n'a cédé à l'eau froide qu'une quantité extrêmement minime de matières salines et de matières organiques (0g,7 pour 600 dans une première expérience, 0g,5 pour la même quantité de sang dans une deuxième); il m'a présenté tous les caractères d'un mélange d'albumine, de fibrine et de matière colorante, sur lequel j'ai cru ne pas devoir faire réagir l'eau bouillante, puisque de cette réaction résultent, comme l'a prouvé M. Berzelius, de nouveaux produits. J'ai donc borné là ces recherches préliminaires, d'où il résulte qu'à part la fibrine, l'albumine et la matière colorante, le sang contient :

1°. Une matière grasse cristallisable,

2°. Une matière huileuse,

3°. Des matières extractives solubles dans l'alcool et dans l'eau,

4°. Un composé particulier d'albumine et de soude,

5°. Des sels solubles,

au nombre desquels se trouvent des hydrochlorates de potasse et de soude, des carbonate, phosphate et sulfate alcalins.

Lorsqu'au lieu de précipiter le sang par l'alcool comme

il vient d'être dit, afin de séparer ceux de ses principes constituans qui se dissolvent dans ce liquide et dans l'eau; on l'abandonne à lui-même, il se sépare, comme chacun sait, en sérum et en caillot. Ce départ naturel, dont la cause reste encore inconnue, s'opère dans des rapports très-différens; mais en général on observe que, toutes circonstances égales d'ailleurs, le volume du caillot est d'autant plus considérable que le sang mis en expérience renferme plus de fibrine.

Du sérum.

La partie liquide ou sérum, quelquefois d'un blanc légèrement jaunâtre, est d'autres fois, chose bien remarquable, d'un jaune extrêmement foncé. D'après les analyses que j'en ai faites, principalement dans le but d'y rechercher les matières grasses dont il n'est aucunement fait mention dans les analyses antérieures de MM. Berzelius et Marcet (1), le sérum humain est formé sur 1000 parties de :

---

(1) *Analyse de M. Berzelius.*

Eau	905
Albumine	80
Hydrochlorate de soude. — de potasse	6
Lactate de soude et matières extractives, solubles dans l'alcool	4
Sous-carbonate de soude. Phosphate de soude. Matières animales solubles dans l'alcool	4
	999

Analyse de M. Marcet.

Eau	900,00
Albumine	86,80
Matière muco-extractive	4,00
Hydrochlorate de soude — de potasse	6,60
Sous-carbonate de soude.	1,65
Sulfate de potasse	0,35
Phosphate de chaux. — de fer. — de magnésie.	0,60
	1000,00

	1re analyse.	2e analyse.
Eau	906,00	901,00
Albumine	78,00	81,20
Matières organiques solubles dans l'alcool et dans l'eau	1,69	2,05
Albumine combinée à la soude	2,10	2,55
Matière grasse cristallisable	1,20	2,10
Matière huileuse	1,00	1,30
Chlorure de sodium — de potassium	6,00	5,32
Sous-carbonate Phosphate alcalin Sulfate	2,10	2,00
Sous-carbonate de chaux — de magnésie Phosphate de chaux — de magnésie — de fer	0,91	0,87
Perte	1,00	1,61
	1000,00	1000,00

Ces analyses ont été faites de la manière suivante. J'ai desséché à une douce chaleur une quantité déterminée de sérum provenant d'un homme sain et vigoureux, la perte m'a donné le poids de l'eau. J'ai traité successivement par l'eau bouillante, puis par l'alcool bouillant le résidu de la dessication. L'eau a dissout les sels solubles et les matières extractives, l'alcool a dissout les matières grasses. La liqueur aqueuse filtrée a été évaporée au bain-marie, et le résidu traité par l'alcool à 40°, jusqu'à ce que l'alcool cessât de se colorer. J'ai par ce moyen séparé les matières extractives solubles dans l'alcool. Le résidu, formé des sels et de la matière extractive inso-

luble dans ce véhicule, a été calciné pour connaître la proportion de matière organique, et le nouveau résidu repris par l'alcool bouillant pour isoler les hydrochlorates.

Les matières grasses enlevées par l'alcool bouillant ont été séparées l'une de l'autre, au moyen de l'alcool à 33° qui ne dissout pas à froid la matière cristallisable. L'albumine épuisée par l'eau bouillante et l'alcool froid a été séchée, pesée, puis calcinée.

Le produit de son incinération contenait une quantité extrêmement minime de sels solubles qu'on a séparés par l'eau légèrement acidulée, et a produit une dissolution incolore dans laquelle le prussiate indiquait des traces de fer sans doute à l'état de phosphate. L'ammoniaque y formait un précipité blanc évidemment formé de phosphate de chaux et de magnésie, car, en le redissolvant dans l'acide hydrochlorique, et précipitant la chaux par l'oxalate d'ammoniaque, la liqueur filtrée était troublée par l'eau de potasse.

Si dans la liqueur ammoniacale séparée des phosphates et supposée contenir des hydrochlorates de chaux et de magnésie, je versais de l'oxalate d'ammoniaque, j'obtenais un précipité blanc grenu d'oxalate de chaux, et dans la liqueur restait la magnésie.

La dissolution acide du produit de l'incinération de l'albumine du sérum contenait donc

Du carbonate de chaux,
— de magnésie,
Du phosphate de chaux,
— de magnésie,
Des traces de fer.

Ce dernier principe s'y trouvait en si petite quantité,

qu'il est à présumer que le sérum n'en fournirait aucune trace, s'il était possible d'en séparer jusqu'aux dernières portions de matière colorante.

Après avoir ainsi constaté la nature des principes immédiats du sang, et m'être assuré que le sérum les contenait tous, à l'exception de la fibrine et de la matière colorante, de telle sorte que le sang pouvait être considéré comme du sérum tenant en suspension des globules, j'ai dû m'occuper d'en faire une analyse complète.

A cet effet, ayant recueilli dans des vases séparés le sang de deux hommes vigoureux et bien portans, j'ai commencé par l'abandonner à lui-même afin de déterminer la séparation de la majeure partie du sérum; alors, enlevant le liquide à l'aide d'une pipette, je me suis procuré d'une part les caillots, de l'autre les deux portions de sérum : le tout a été pesé séparément.

Le sérum a été analysé par les moyens indiqués précédemment, c'est-à-dire qu'après l'avoir desséché à une douce chaleur, j'ai successivement repris le résidu par l'eau et l'alcool bouillant.

Quant au caillot, en m'aidant des données fournies par MM. Prevost et Dumas dans leurs belles recherches sur le sang, il m'a suffi, pour en connaître la composition, de le partager en deux portions, de dessécher l'une en tenant compte de la perte, de laver l'autre pour connaître la quantité de fibrine. En effet, comme l'eau volatilisée se trouve dans le caillot à l'état de sérum, en retranchant du poids du caillot sec le poids des matières fixes faisant partie du sérum interposé, la différence représente exactement le poids des globules. Soustrayant de celui-ci le poids de la fibrine, déterminé d'autre part, l'on a celui de la matière colorante. Alors, réunissant

l'eau du sérum et celle du caillot, l'albumine du sérum et celle du caillot, l'on a pour somme la quantité totale d'eau et d'albumine contenues dans le sang. Enfin les autres matières trouvées dans le sérum analysé, plus celles calculées pour le sérum, dont le caillot était imprégné, forment la totalité des principes non coagulables et complètent l'analyse. Il faut seulement avoir le soin de retrancher du poids de l'albumine, et de celui de la matière colorante, le poids des matières obtenues par leur calcination.

Les résultats suivans ont été obtenus de cette manière :

Eau	780,145	785,590
Fibrine	2,100	3,565
Albumine	65,090	69,415
Matière colorante	133,000	119,626
Matière grasse cristallisable	2,430	4,300
Matière huileuse	1,310	2,270
Matières extractives solubles dans l'alcool et dans l'eau	1,790	1,920
Albumine combinée à la soude	1,265	2,010
Chlorure de sodium		
— de potassium		
Sous-carbonate alcalins	8,370	7,304
Phosphate alcalins		
Sulfate alcalins		
Sous-carbonate de chaux		
— de magnésie		
Phosphate de chaux		
— de magnésie	2,100	1,414
— de fer		
Peroxide de fer		
Perte	2,400	2,586
	10000,000	1000,000

DEUXIÈME PARTIE.

Analyses comparatives du sang d'individus, de sexe, d'âge et de tempéramens différens.

Dans les recherches qui sont l'objet de ce chapitre, je me suis proposé d'établir par des expériences multipliées la composition moyenne du sang de femme et du sang d'homme, et en même temps de rechercher s'il ne serait pas possible de tirer quelques conséquences physiologiques de l'analyse comparative du sang de plusieurs individus différens par le sexe, l'âge et le tempérament. Mais au lieu d'évaluer comme précédemment la proportion de chacun des principes immédiats du sang, je me suis contenté de déterminer celle des plus essentiels, à l'aide du procédé extrêmement simple qu'ont proposé MM. Prevost et Dumas. En effet, outre qu'un procédé facile à suivre offre à l'expérimentateur le grand avantage d'inspirer plus de confiance dans les résultats auxquels il a conduit, il n'est donné qu'à un si petit nombre d'hommes privilégiés de poursuivre avec une égale constance de longues et pénibles recherches, que j'avais plus que tout autre à redouter de ne pouvoir atteindre le but, si pour le rapprocher davantage je n'éliminais tout d'abord les détails d'un intérêt secondaire. Le procédé analytique que j'ai suivi consiste à dessécher le sérum, à séparer du résidu au moyen de l'eau bouillante les sels solubles et les matières extractives, enfin à dessécher le caillot et à conclure sa composition de celle du sérum analysé.

Quant au sang employé, je dois faire observer que les individus dont il provenait, saignés par suite de chutes, de coups violens, devaient être considérés comme dans un état parfait de santé, et qu'appartenant tous à la clase aisée, ils ont dû nécessairement fournir des résultats plus certains que n'auraient pu le faire des individus recueillis dans les hôpitaux, puisque la plupart de ceux qui s'y présentent ont depuis long-temps éprouvé des privations de toute espèce.

Les résultats de ces analyses au nombre de 20, dont 10 de sang de femme et 10 de sang d'homme, se trouvent consignés dans les tableaux suivans :

1000 *parties de sang de femme contiennent* :

	EAU.	ALBUMINE.	Sels solubles et matières extractives.	GLOBULES.	Quantité de sang mis en expérience.	AGE.	TEMPÉRAMENT.
1	790,840	71,180	7,990	129,990	533 gr.	53	Lymphatique.
2	827,130	69,100	11,100	92,670	568	38	*Id.*
3	801,918	59,159	9,313	129,610	386	34	*Id.*
4	796,175	73,065	9,040	121,720	390	25	Sanguin.
5	792,561	69,082	8,703	129,654	528	60	*Id.*
6	792,897	70,210	9,163	127,730	450	58	*Id.*
7	853,135	68,756	9,760	68,349	374	22	» »
8	790,394	72,796	11,220	125,590	532	58	Sanguin.
9	799,432	74,740	10,509	115,319	398	54	Lymphatique.
10	799,230	69,125	12,645	119,000	508	36	*Id.*
Maximum	853,135	74,740	12,645	129,990			
Minimum	790,394	59,159	7,990	68,349			
Différence	62,741	15,581	4,655	61,641			
Moyenne des 10 analyses	804,3712	69,7213	9,9443	115,9632			

1000 *parties de sang d'homme contiennent :*

	EAU.	ALBUMINE.	Sels solubles et matières extractives.	GLOBULES.	Quantité de sang mis en expérience.	AGE.	TEMPÉRAMENT.
1	780,210	71,970	14,000	133,820	416 gr.	45 à 48	Sanguin.
2	790,900	71,560	8,870	128,670	417	26	Sec et nerveux.
3	782,271	66,090	10,349	141,290	451	36	Lymphatico-sanguin.
4	783,890	57,890	9,770	148,450	430	38 à 40	Sanguin.
5	805,263	65,133	12,120	117,484	454	48 à 50	Lymphatique.
6	801,871	65,389	11,100	121,640	416	62 à 64	Sanguin.
7	785,881	64,790	10,200	139,129	399	32	Bilieux.
8	778,625	62,949	11,541	146,885	603	26	Sanguin.
9	788,323	71,061	8,928	131,688	625	30 à 32	*Id.*
10	795,870	78,270	10,010	115,850	668	34	Lymphatique.
Maximum	805,263	78,270	14,000	148,450			
Minimum	778,625	57,890	8,870	115,850			
Différence	26,638	20,380	5,130	32,600			
Moyenne des 10 analyses	789,3204	67,5002	10,6888	132,4906			

L'examen des résultats consignés dans les tableaux précédens conduit aux conséquences suivantes que je vais énoncer sous forme de propositions ;

La proportion d'eau varie dans le sang d'individus de sexe et d'âge différens.

Dans le sang d'individus de même sexe, mais d'âge différent.

Elle est plus faible chez l'homme que chez la femme.

La quantité d'eau n'est pas proportionnelle à l'âge, du moins dans les limites de 20 à 60 ans, chez les individus de même sexe.

Dans les individus de même sexe elle est moindre chez

ceux d'un tempérament sanguin, que chez ceux d'un tempérament lymphatique.

La proportion d'albumine varie dans le sang d'individus de sexe et d'âge différens.

Dans le sang d'individus de même sexe, mais d'âge différent.

Elle est sensiblement la même chez l'homme et chez la femme.

La quantité d'albumine n'est pas proportionnelle à l'âge, du moins dans les limites de 20 à 60 ans, chez les individus de même sexe.

Elle est à peu près la même chez les individus sanguins et lymphatiques de même sexe.

La proportion de globules varie dans le sang d'individus d'âge et de sexe différens.

Et dans le sang d'individus de même sexe, mais d'âge différent.

Elle est plus forte chez l'homme que chez la femme.

La quantité de globules ne paraît pas proportionnelle à l'âge chez les individus de même sexe, du moins dans les limites de 20 à 60 ans.

Elle est plus grande chez les individus sanguins que chez les individus lymphatiques de même sexe.

La proportion de sérum varie dans le sang d'individus de sexe et d'âge différens, dans le sang d'individus de même sexe, mais d'âge différent. Elle est plus grande dans le sang de femme que dans le sang d'homme.

Et aussi dans le sang d'individus lymphatiques que dans le sang d'individus sanguins de même sexe. On ne remarque aucune relation entre la quantité de sérum et

l'âge des individus de même sexe, du moins dans les limites de 20 à 60 ans.

La proportion d'albumine, de fibrine et de matière colorante, en d'autres termes de substances nutritives, varie dans le sang d'individus de sexe et d'âge différens.

Dans le sang d'individus de même sexe, mais d'âge différent, elle est moindre dans le sang de femme que dans le sang d'homme, et aussi dans le sang d'individus lymphatiques que dans le sang d'individus sanguins de même sexe.

On ne remarque aucune relation entre les quantités de matières nutritives et l'âge des individus de même sexe, du moins dans les limites de 20 à 60 ans.

Quant au sérum essentiellement formé d'eau et d'albumine, la proportion d'eau, et par cela même celle d'albumine, varie dans les individus de sexe et d'âge différens.

Dans les individus de même sexe et d'âge différent, elle paraît être à peu près la même chez l'homme que chez la femme, et chez les individus sanguins et lymphatiques.

Relativement à l'analyse du sang de femme, j'observerai que les pertes mensuelles auxquelles elles sont sujettes contribuent singulièrement à faire varier la proportion de globules; ainsi l'analyse du sang de femme affectée de pertes utérines m'a donné dans une première expérience :

Eau	851,590
Albumine	66,870
Sels solubles et matières extractives	11,290
Globules	70,250
	1000,000

Et dans la seconde :

Eau	832,754
Albumine	60,891
Sels solubles et matières extractives	13,210
Globules	93,145
	1000,000

C'est-à-dire que dans ces deux cas, et surtout dans le premier, la quantité de globules se trouvait près de moitié plus faible que celle observée dans d'autres analyses de sang de femme.

On produit d'ailleurs, comme il est facile de le prévoir, un effet semblable au précédent en réitérant les saignées; ainsi la femme qui fait le sujet de la sixième analyse ayant été saignée une troisième fois, le surlendemain de la première saignée j'ai trouvé que son sang, au lieu de contenir comme précédemment :

Eau	792,897
Albumine	70,210
Sels solubles et matières extractives	9,163
Globules	127,730
	1000,000

ne contenait que,

Eau	834,050
Albumine	71,111
Sels solubles et matières extractives	7,329
Globules	87,510
	1000,000

La proportion d'albumine du sérum dans le cas de

saignées successives ou dans celui de pertes utérines, éprouve au contraire des variations beaucoup moins sensibles, ce qui se conçoit aisément puisque le liquide absorbé aux dépens de tout le système, proportionnellement au sang extrait ou perdu, est de l'eau chargée d'albumine.

Bulletin *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du 5 septembre 1831.

M. Amussat adresse un Mémoire cacheté sur des améliorations de la pince à trois branches.

M. Serbat dépose un paquet cacheté contenant, dit-il, un fait nouveau en Chimie.

M. de Marivaux transmet quelques réflexions sur l'importance des expériences agricoles. Il désirerait être nommé correspondant de l'Académie.

M. Bulard envoie de Pétersbourg la description d'un nouveau moyen de détruire la pierre dans la vessie.

M. Dericquehem adresse un examen critique du rapport dont son géodésimètre a été l'objet.

Le Ministre de la guerre demande à l'Académie de lui présenter un candidat pour la place de professeur de physique actuellement vacante à l'École polytechnique par la démission de M. Pouillet.

Le Ministre de la marine envoie les copies des divers documens qu'il a reçus au sujet du nouveau volcan qui s'est formé près de la côte de Sicile.

M. Chaptal, au nom d'une Commission, fait un rapport favorable sur une note de M. Dutrochet concernant le sable siliceux considéré comme substance fertilisante.

M. Auguste de Saint-Hilaire lit l'analyse d'un Mémoire intitulé : Examen de la fleur des Résédacées, première partie.

MM. Nobili et Melloni lisent un Mémoire intitulé :

Recherches sur plusieurs phénomènes calorifiques, entreprises à l'aide du thermo-multiplicateur.

La séance est terminée par la lecture d'un Mémoire de M. Poncelet sur les transversales.

Séance du 12 septembre.

Une lettre de M. Mimaut, consul général en Égypte, à M. Félix Darcet, rendant compte des ravages exercés à la Mecque sur les pèlerins par une maladie que l'on croit le choléra, est renvoyée à la Commission.

Le même renvoi est ordonné pour une lettre et un Mémoire sur le choléra, par M. Bulard, médecin chimiste à Pétersbourg.

Une réclamation de M. Lassis est également renvoyée à cette Commission, avec une nouvelle invitation d'accélérer son travail.

Sur une réclamation de M. Colombes relative à un Mémoire sur la mérotropie, qu'il a adressé à l'Académie il y a 15 mois, les commissaires sont invités à en faire le rapport le plus tôt possible.

M. le Ministre du commerce et des travaux publics adresse à l'Académie des fragmens de l'aérolithe tombé à Vouillé, département de la Vienne, le 18 juillet dernier.

Les fragmens, accompagnés d'une note de M. Babault de Chaumont, conservateur du Musée d'histoire naturelle de Poitiers, sont renvoyés aux commissaires chargés d'en faire l'analyse. Il en est réservé un pour le Muséum d'histoire naturelle.

M. Rusconi remercie l'Académie de la médaille qu'elle a bien voulu lui accorder.

M. Louis Carletti annonce avoir résolu le problème de l'inscription de l'ennéagone au cercle avec la démonstration.

Un morceau de tissu de soie trouvé dans le cercueil du roi Philippe Ier, à Saint-Benoist-sur-Loire, transmis à l'Académie des Belles-Lettres par M. Vergnaud-Romagnési, est renvoyé par elle à l'Académie des Sciences.

On présente un Mémoire de M. le baron de Moro-

gues sur l'utilité des machines et leurs inconvéniens.

Sur la proposition affirmative de la section d'agriculture, l'Académie va au scrutin pour décider s'il y a lieu ou non à nommer à la place vacante dans cette section. Il est décidé qu'il y a lieu.

M. Silvestre fait un rapport verbal sur le Manuel de l'Ingénieur forestier de M. Plinquet.

Le même académicien fait, avec M. Huzard, un rapport sur le Mémoire de M. Girou de Buzareingue concernant l'amélioration des moutons, des bœufs et des chevaux.

M. de Humboldt présente un ouvrage en deux volumes qu'il vient de publier sous le titre de Fragmens de géologie et de climatologie asiatique. Il fait connaître des observations faites en Allemagne, et qui coïncident avec celles du midi de la France sur les vapeurs qui ont affaibli la lumière du soleil.

M. Poisson lit une addition à son Mémoire sur les mouvemens simultanés d'un pendule et de l'air environnant, présenté à la séance du 22 août dernier.

M. Darcet lit des observations en réponse au Mémoire de M. Donné sur l'emploi de la gélatine.

M. Dureau de la Malle présente une plante de chanvre femelle qu'il croit avoir été fécondée dans l'éloignement de tout chanvre mâle.

M. Arago communique une lettre de M. Matteucci sur les interférences de la chaleur obscure, et fait part ensuite de quelques objections dont les expériences du savant italien lui paraissent susceptibles.

M. Girou de Buzareingue lit un Mémoire sur le labourage.

Séance du 19 septembre.

M. Tahy, ancien lieutenant d'artillerie, réclame contre une pétition que le sieur Beaupied a adressée à la Chambre des Députés pour que l'on publie sa découverte de la quadrature du cercle. M. Tahy prétend avoir fait cette découverte avant le sieur Beaupied. Cette réclamation n'a pas de suite.

M. Godard de Vienne (Isère) réclame contre le silence que la Chambre des Députés a gardé touchant ses découvertes relatives au système du monde, au centre duquel, selon lui, la terre est immobile, etc., etc. Cette réclamation n'a également aucune suite.

M. Legrip adresse de nouveaux morceaux de viande conservés par son procédé. Ils sont envoyés à la Commission précédemment chargée de les examiner.

M. Dugez présente un Mémoire intitulé : Additions aux recherches sur l'ostéologie et la myologie des Batraciens à leurs différens âges.

M. Girou de Buzareingue communique le résultat de ses expériences, 1° sur la question de savoir s'il est économique d'employer pour semence les graines les plus petites et de modique valeur dans le commerce; 2° sur la préparation de la semence afin de préserver la récolte de la carie.

M. Couverchel annonce qu'il se désiste de la concurrence à la place vacante dans la section d'agriculture.

M. Gannal s'offre pour expérimenter sur lui-même les effets nutritifs de la gélatine.

M. Warden communique le résultat du dernier recensement fait aux États-Unis.

MM. Girard, Damoiseau et Mathieu lisent le rapport qu'ils ont fait sur le Mémoire de M. Girou de Buzareingue concernant la distribution des mariages, des naissances et des sexes dans les divers mois.

M. Navier fait un rapport sur un second Mémoire de M. Blom relatif aux maisons mobiles en bois exécutées par cet officier.

MM. Desfontaines, Mirbel et Cassini fils, rendent compte d'un Mémoire de M. Poiteau tendant à faire admettre la théorie de Lahire sur l'origine et la direction des fibres ligneuses dans les végétaux.

MM. Silvestre et Mirbel entretiennent l'Académie du Mémoire de M. Girou de Buzareingue relatif à la génération des plantes et aux rapports des sexes dans le règne végétal.

MM. Desfontaines, Mirbel et Auguste de Saint-Hilaire font aussi un rapport sur le Mémoire du même auteur

concernant l'évolution et l'accroissement en grosseur des plantes, et notamment des plantes exogènes.

La section de Mécanique propose à l'Académie de voter sur la question de savoir s'il y a lieu de remplir la place vacante dans son sein par le décès de M. Sané. L'Académie va au scrutin sur cette question. L'affirmative est décidée à l'unanimité.

L'Académie se forme en comité secret. La section d'Agriculture présente pour la place actuellement vacante MM. Michaud, Huzard fils, Baudrillard, Poiteau, Soulange Bodin, Virey.

Elle laisse à l'Académie à juger si MM. Mathieu de Dombasle, Giron de Buzareingue et Dutrochet peuvent être admis sur cette liste, quoique n'étant pas actuellement domiciliés à Paris.

Un membre présente un acte de déclaration de domicile fait à la mairie du II[me] arrondissement de Paris par M. Dutrochet. En conséquence, M. Dutrochet est porté sur la liste.

Le mérite des travaux de ces candidats est discuté; l'élection aura lieu à la séance prochaine.

Séance du 26 septembre.

MM. Talrich et Halma Grand déposent un paquet cacheté sur le liquide hémostatique.

M. Constant Prévost annonce son arrivée à Toulon, et fait part des arrangemens dont il est déjà convenu avec le commandant de la Flèche.

M. Arago communique une lettre de M. de Blosséville, datée de Navarin, dans laquelle on trouve la position et la forme de la nouvelle île et quelques observations magnétiques.

M. Darcet demande à ne plus faire partie de la Commission qui est chargée d'examiner les propriétés nutritives de la gélatine.

M. Labbé écrit au nom de la compagnie hollandaise, propriétaire d'une fabrique de bouillon, pour solliciter un prompt rapport.

L'Académie procède au scrutin pour la nomination

d'un membre de la section d'économie rurale. 43 membres étaient présens; 42 prennent part à l'élection; M. Dutrochet réunit 28 suffrages; M. Michaud, 8; M. Girou de Buzareingue, 3.

MM. Huzard fils, Virey et Mathieu de Dombasle obtiennent chacun une voix. L'élection de M. Dutrochet sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Auguste de Saint-Hilaire lit un rapport sur un Mémoire de M. Vallot, intitulé : Note sur plusieurs végétaux mentionnés par les voyageurs modernes qui ont parcouru l'Afrique centrale.

M. Reboul, correspondant, lit un Mémoire intitulé : Précis de quelques observations sur la structure des Pyrénées.

M. Sérullas donne lecture d'une note intitulée : Nouveau composé de brôme et de silicium ou brômure de silicium.

M. Cagniard de Latour lit un second Mémoire sur l'effet sonore produit par les solides de révolution qui tournent avec une grande vitesse, suivi d'une note sur la fronde musicale.

Séance du 3 octobre.

Le Ministre de la marine adresse un rapport de M. Savy Dumondiol, capitaine de frégate, sur la nouvelle île volcanique de la Méditerranée.

Des réclamations de MM. Lainé et Fontaine au sujet des assertions contraires à la gélatine présentées par M. Donné, et accompagnées d'échantillons de cette substance qu'ils fabriquent, sont renvoyées à la Commission déjà nommée pour cet objet.

M. Dublar demande qu'un rapport soit fait sur son multinégraphe.

M. Tanchou annonce avoir obtenu de nouveaux succès de sa méthode lithotritique. Sa lettre, conformément à sa demande, est renvoyée à la future Commission des prix Monthyon.

M. Penzold envoie la description d'une machine astronomique.

M. Martini, curé à Cues, en Prusse, adresse un extrait traduit en latin, d'après l'arabe d'Almanzer, sur le choléra morbus. Cet écrit est renvoyé à la Commission du choléra.

M. Desimencourt, géographe, adresse la notice d'un instrument intitulé *longitudinaire*.

Une lettre adressée à M. Larrey par M. Guyon, l'un des médecins envoyés à Varsovie, où il rend compte des mouvemens irréguliers des muscles dans les corps des cholériques après la mort, est renvoyée à la Commission du choléra.

M. Larrey lit un Mémoire sur la cure radicale de l'hydrocèle.

M. Girard lit des recherches sur l'établissement des bains publics à Paris.

M. Pouillet lit un Mémoire sur les phénomènes thermo-électriques.

L'Académie se forme en comité secret. La section de physique présente pour la place vacante à l'École polytechnique par la démission de M. Pouillet, MM. Despretz et de Monferand sur la même ligne, et Lechevalier.

Sur la lecture d'une lettre de M. Thiébaud de Bernaux, l'Académie arrête qu'il lui sera répondu qu'elle n'a rien entendu de contraire à son honneur, et que les calomnies dont il se plaint n'ont point eu lieu dans son sein.

Séance du 10 *octobre*.

M. Geoffroy Saint-Hilaire présente de la part de M. Morrer une nouvelle rédaction du Mémoire de ce naturaliste intitulé : Essais pour déterminer l'influence qu'exerce la lumière sur la manifestation et les développemens des êtres organisés dont l'origine avait été attribuée à la génération directe, spontanée ou équivoque.

M. de Humboldt fait la présentation et donne des analyses verbales des ouvrages suivans :

Mémoire sur le retour de la comète à courte période (de 3 ans). Ce Mémoire de M. Enke renferme des recherches étendues sur le *fluide résistant*.

Sur la masse de Jupiter, etc. La comète d'Enke sera dans le périhélie le 4 mai 1832.

Mémoire de M. Théophile Riess de Berlin, sur les variations de l'intensité magnétique. Variations régulières et sujettes à des perturbations qui précèdent ou accompagnent les aurores boréales. M. Riess n'a pu mesurer que les variations de la force horizontale, mais la découverte de la variation de l'inclinaison faite par M. Arago offre les moyens de réduire l'intensité apparente en intensité vraie.

Mémoire de M. Dove, professeur de physique à Berlin, sur les causes des variations horaires du baromètre, et de l'influence de la tension des vapeurs aqueuses sur les oscillations atmosphériques.

Mémoire de M. Boussingault sur le goître (ce Mémoire a déjà paru dans les Annales).

M. de Humboldt ajoute à ces communications de nombreuses observations d'intensité lumineuse et de colorations faites dans l'est de l'Asie, à Irkutsk, le 12 août, aux États-Unis, entre le 15 et le 20 août, et à Berlin, du 24 au 27 août. Ces phénomènes, dit-il, vus du N. O. au S. O., jusqu'à 45° de hauteur, offrant soit une belle couleur pourprée, soit une clarté à l'aide de laquelle on pouvait lire jusqu'après minuit, paraissent l'effet de réfractions extraordinaires et des inflexions des rayons solaires causées par un état particulier de densité des hautes couches de l'atmosphère.

M. de Humboldt finit par l'extrait d'un Mémoire de M. Hofman, géologue très-distingué de Berlin, sur le nouveau volcan de Nérita, sur les obsidiennes de l'île Pantellaria et sur les tremblemens de terre qui ont précédé en Sicile le soulèvement du volcan.

M. de Livier écrit pour inviter l'Académie à faire connaître le plus tôt possible le résultat de ses recherches sur les propriétés nutritives de la gélatine. Plusieurs sociétés philantropiques, en attendant ce rapport, ont suspendu l'achat qu'elles avaient le projet de faire des appareils propres à la confection des soupes économiques.

M. Enke annonce l'envoi de *quatre feuilles des cartes*

astronomiques de l'Académie de Berlin, accompagnées de trois cahiers formant les catalogues.

M. Aimé adresse à l'Académie l'explication des phénomènes de vision qui se présentent quand deux ou un plus grand nombre de corps se meuvent les uns devant les autres.

M. Azaïs adresse un nouvel exemplaire de sa brochure, intitulée : De la constitution sociale aujourd'hui convenable au Peuple français, augmentée d'un appendice manuscrit relatif à la constitution de la pairie.

M. Leymerie adresse une protestation contre la loi sanitaire.

L'Académie ordonne le dépôt au secrétariat d'un paquet cacheté sur un nouvel instrument lithotritique par M. Leroy d'Étiolle.

M. Sérullas lit une note sur une combinaison d'hydrogène phosphoré et de brômure de silicium.

M. Girard continue la lecture de son Mémoire sur les établissemens de bains publics à Paris.

L'Académie se forme en comité secret. La section de mécanique présente les candidats suivans pour la place vacante dans son sein :

1°. M. Hachette.

2°. Au même rang, MM. Poncelet et Gambey.

3°. M. Marestier.

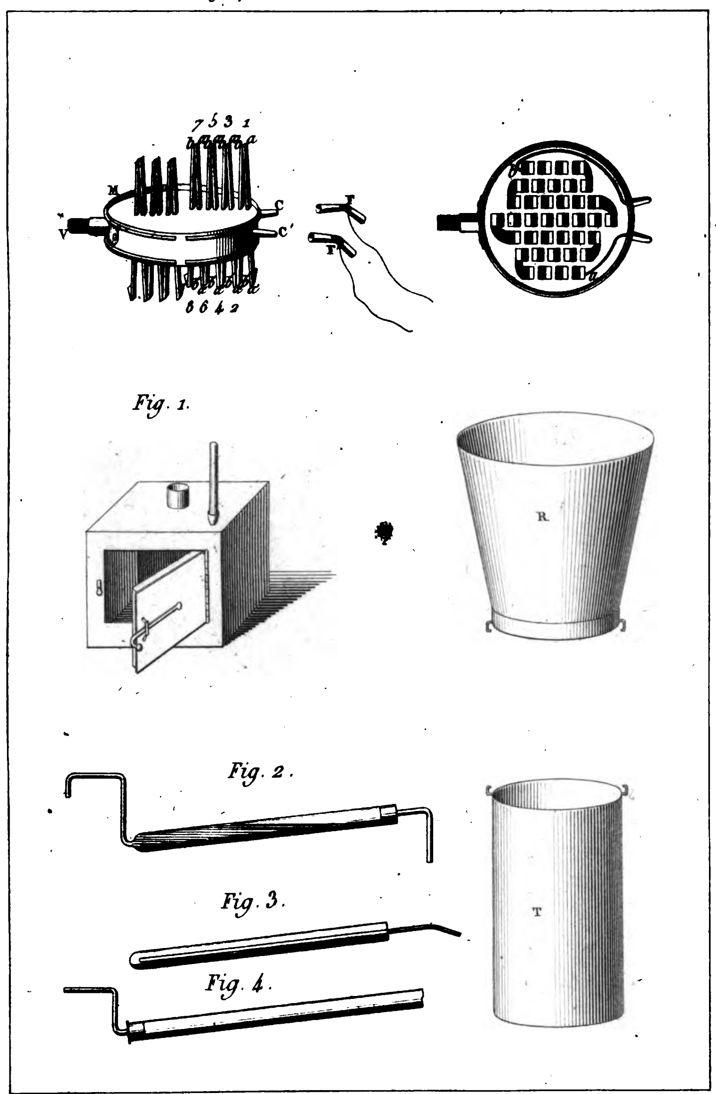
4°. M. Cagniard Latour.

5°. Coriolis.

Les travaux de ces candidats sont exposés et discutés. L'élection aura lieu à la prochaine séance.

OBSERVATIONS METEOROLOGIQUES *Novembre* 1831.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	763,18	+ 4,0	82	762,43	+ 9,0	80	760,60	+11,4	76	760,05	+ 6,2	85	+11,4	+ 2,0	Nuageux, brouillard.	S. S. E.
2	756,16	+ 9,0	85	755,02	+13,8	82	753,12	+14,0	84	755,70	+11,3	86	+14,8	+ 6,8	Couvert.	S.
3	750,00	+11,2	80	749,23	+13,0	68	747,22	+13,0	60	748,17	+ 8,0	82	+13,0	+ 8,0	Nuageux.	S. O.
4	754,23	+ 4,5	80	755,10	+ 8,1	70	755,35	+ 9,6	64	756,15	+ 5,8	76	+ 9,6	+ 2,8	Nuageux.	O.
5	752,20	+ 5,5	82	750,17	+ 7,2	84	747,18	+ 8,5	82	746,45	+12,0	66	+12,0	+ 4,2	Pluie continuelle.	S.
6	751,60	+ 8,5	86	750,09	+ 9,5	88	747,85	+11,3	85	747,88	+14,5	85	+14,5	+ 7,2	Pluie abondante.	S. S. O.
7	748,54	+13,0	80	75 ,70	+13,5	72	751,50	+12,5	64	753,00	+ 8,2	72	+13,5	+ 7,5	Nuageux.	O.
8	754,64	+ 7,3	80	755,70	+11,0	70	756,15	+11,3	65	758,30	+ 7,0	75	+11,3	+ 5,3	Nuages clairs.	S. O.
9	761,65	+ 3,7	85	762,10	+ 9,0	70	762,70	+ 9,5	72	765,00	+ 6,2	85	+10,5	+ 2,5	Vapereux, brouill.	S. O.
10	768,84	+ 3,8	88	768,80	+ 5,3	88	768,40	+ 6,0	88	768,37	+ 5,8	88	+ 6,0	+ 2,0	Couvert, brouillard.	O.
11	765,44	+ 8,2	88	765,16	+11,0	86	764,75	+11,5	87	765,55	+10,2	88	+11,5	+ 7,0	Pluie.	O. S. O.
12	765,66	+11,0	90	766,27	+12,5	84	766,22	+12,5	84	766,15	+11,0	86	+12,8	+10,5	Couvert, brouillard.	O.
13	760,46	+ 9,7	75	758,80	+ 9,5	76	757,20	+ 9,7	72	758,20	+ 6,2	76	+ 9,7	+ 5,7	Couvert, brouillard.	S. O.
14	761,00	+ 3,0	75	760,00	+ 6,5	60	757,80	+ 6,0	58	752,00	+ 5,2	70	+ 6,5	+ 2,2	Nuageux.	O.
15	746,40	+ 6,0	78	745,10	+ 9,7	74	744,70	+ 5,0	80	744,00	+ 3,7	80	+ 9,7	+ 3,7	Nuageux.	S. O.
16	743,70	+ 3,0	82	743,94	+ 5,3	74	745,05	+ 3,8	75	747,11	+ 2,3	80	+ 5,3	+ 2,0	Très-nuageux.	O.
17	749,86	+ 3,5	78	749,94	+ 6,0	72	748,97	+ 6,5	72	748,83	+ 2,7	76	+ 6,5	+ 2,7	Nuageux.	S. O.
18	745,85	+ 0,8	86	749,65	+ 4,5	80	752,55	+ 5,0	64	755,78	+ 0,3	72	+ 5,3	+ 0,3	Nuageux.	N. O.
19	750,64	+ 3,7	80	748,17	+ 5,7	84	747,58	+ 7,5	86	750,60	+ 6,0	86	+ 7,5	+ 3,0	Pluie, brouillard.	S. O.
20	755,03	+ 5,0	82	755,76	+ 7,3	74	756,68	+ 6,0	70	758,40	+ 5,3	84	+ 7,3	+ 4,3	Quelques éclaircies.	O. S. O.
21	755,00	+10,0	84	756,13	+12,2	78	756,72	+13,2	78	759,15	+12,3	85	+13,2	+ 7,5	Pluie.	S. O.
22	760,45	+11,0	78	761,28	+13,0	75	759,92	+13,0	72	760,78	+12,3	84	+13,0	+10,5	Couvert.	S. O.
23	761,50	+11,0	76	761,28	+12,2	72	760,68	+12,0	70	760,90	+10,5	74	+12,2	+10,5	Couvert.	O.
24	761,32	+ 8,0	76	761,18	+ 9,9	74	760,40	+11,0	74	760,74	+ 4,8	80	+11,3	+ 4,8	Nuageux.	S. O.
25	760,36	+ 6,2	80	760,13	+ 7,7	76	759,57	+ 7,5	76	758,70	+ 5,6	80	+ 7,7	+ 5,2	Couvert.	S. O.
26	756,20	+ 7,5	84	756,04	+ 9,8	85	756,30	+10,8	78	757,78	+10,0	84	+11,3	+ 6,2	Pluie fine.	S. O.
27	763,30	+ 0,1	70	764,10	+ 1,0	66	764,22	+ 1,7	62	764,97	+ 1,0	70	+ 1,7	− 1,2	Nuageux.	N. E.
28	767,44	− 2,5	72	767,60	+ 1,3	72	767,40	+ 0,0	62	769,04	− 2,5	62	+ 0,0	− 2,8	Très-nuageux.	N. E.
29	769,53	− 1,0	62	769,54	+ 0,2	58	769,10	+ 0,2	52	768,70	− 1,0	56	+ 0,5	− 1,2	Nuageux.	N. E.
30	766,14	− 1,5	66	765,83	+ 0,3	65	764,20	+ 1,0	66	760,74	− 0,9	70	+ 1,0	− 3,1	Couvert, brouillard.	N. E.
1	756,12	+ 7,0	83	755,93	+ 9,9	77	755,01	+10,7	74	755,71	+ 8,5	82	+11,7	+ 4,8	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	754,40	+ 5,4	81	754,27	+ 7,8	76	754,15	+ 7,4	75	754,66	+ 5,3	80	+ 8,2	+ 4,1	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 8,860
3	762,12	+ 4,9	75	762,21	+ 6,5	72	761,85	+ 7,0	69	762,15	+ 5,2	75	+ 7,2	+ 3,6	Moyenn. du 21 au 30.	Terrasse, 7,650
	757,55	+ 5,8	80	757,47	+ 8,1	75	757,00	+ 8,4	73	757,54	+ 6,3	79	+ 9,0	+ 4,2	Moyennes du mois.	+ 6,6



Gravé par LeBlanc.

Considérations *générales sur les Décompositions électro-chimiques et la Réduction de l'oxide de fer, de la zircone et de la magnésie, à l'aide de forces électriques peu énergiques ;*

Par M. Becquerel.

Chap. Ier. *De l'action de la pile sur les dissolutions salines.*

Lorsque l'on réfléchit aux réactions chimiques qui ont lieu continuellement dans les organes des animaux et des végétaux, n'est-on pas conduit à admettre que la vitalité développe des forces particulières, électriques ou non, qui, faibles en apparence, produisent néanmoins des effets que l'on ne peut obtenir qu'avec des affinités d'une certaine intensité. L'acide carbonique, par exemple, qui joue un si grand rôle dans les phénomènes de la végétation, après avoir été absorbé par le parenchyme, les racines, les feuilles et la jeune écorce, est décomposé dans ces dernières par l'action de la végétation et de la lumière solaire ; l'oxigène est rejeté en partie dans l'air, et le carbone reste dans les plantes, où il concourt à leur accroissement. L'affinité de l'oxigène pour le carbone, qui est une des plus considérables que l'on connaisse, est cependant ici vaincue par des forces inconnues auxquelles on ne peut guère supposer une grande énergie, à moins de les rapporter à des forces chimiques agissant à l'état naissant. Nous ne pouvons donc expli-

quer encore les phénomènes de la vitalité; mais il y a des chances pour y parvenir, en essayant de produire sur des composés inorganiques de grands effets chimiques avec des forces électriques faibles, qui sont si répandues dans la nature. Si l'on n'y parvient pas, on a du moins l'espoir que de la comparaison des effets observés, résulteront quelques vérités utiles à la solution de l'une des plus grandes question de la philosophie naturelle.

Les expériences sur la décomposition des sels et des oxides par la pile ont été faites jusqu'ici dans une seule direction, car l'on s'est borné à soumettre ces corps à l'action de piles de plus en plus fortes pour séparer leurs parties constituantes, sans chercher ce qui se passe quand on opère avec des piles d'une faible intensité; or ce dernier mode, quand il est employé convenablement, est capable de produire de grands effets. C'est là le principe qui m'a servi de point de départ dans le travail que j'ai l'honneur de présenter à l'Académie.

Je rappellerai d'abord les principales observations qui ont été faites sur les décompositions électro-chimiques. Aussitôt après la découverte de la décomposition de l'eau par Nicolson et Carlisle, MM. Berzelius et Hissinger observèrent le transport des acides et des bases dans les dissolutions salines. Davy ajouta à ces deux faits capitaux une foule de découvertes importantes qui l'ont fait regarder avec raison comme l'un des premiers fondateurs de l'électro-chimie; mais les principes qu'il en a déduits éprouvent, dans certaines circonstances, des modifications qui produisent des effets particuliers auxquels il n'a pas fait attention.

Parmi les nombreuses et belles observations dont la

science est redevable à cet illustre physicien, on remarque particulièrement celles qui suivent : 1° lorsque l'on soumet à l'action d'une pile composée d'un certain nombre d'élémens un mélange de plusieurs dissolutions salines, l'oxigène et les acides se rendent toujours au pôle positif, l'hydrogène et les bases au pôle négatif; 2° la tendance des acides et des bases pour se rendre à leurs pôles respectifs est telle, que lorsqu'ils sont placés, les premiers du côté négatif, et les seconds du côté positif, ils sont transportés, par l'effet du courant, dans les vases opposés ; 3° lorsque l'acide rencontre sur son passage une base avec laquelle il forme un sel insoluble, la combinaison s'effectue et se précipite ; 4° quand les vases qui contiennent les dissolutions sont formés de substances renfermant des acides ou des alcalis, ces derniers sont enlevés et transportés à leurs pôles respectifs. Ces résultats, et d'autres que je ne crois pas nécessaire de rappeler, sont exacts dans les circonstances où Davy a opéré, mais cessent de l'être dans celles que je ferai connaître.

On croit généralement qu'à l'instant où une dissolution est soumise à l'action de la pile, les élémens de chacune de ses molécules se polarisent de telle manière que ceux qui sont positifs se tournent vers le pôle négatif, et ceux qui sont négatifs vers le pôle positif, comme le font un grand nombre de petits barreaux aimantés placés dans la sphère d'activité d'un fort aimant. La pile continuant à fonctionner, et l'action qu'elle exerce sur les molécules l'emportant sur celle des affinités, l'élément positif de l'une d'elles, qui s'était tourné vers l'élément négatif de la molécule contiguë, se porte par une

demi-conversion vers l'élément négatif de la molécule voisine de celle-ci, et arrive ainsi au pôle positif en passant d'un élément à un autre, tandis que l'élément négatif correspondant se porte vers le pôle positif par une suite de mouvemens analogues. Cette théorie admet donc comme base fondamentale que, dans les décompositions électro-chimiques, les élémens des corps ne cheminent vers leurs pôles respectifs qu'autant qu'ils rencontrent sur leur passage, dans le liquide intermédiaire, des corps avec lesquels ils forment momentanément des combinaisons solubles; condition indispensable pour que la chaîne électrique ne soit pas interrompue. Voyons quelques applications de ce principe.

Prenons d'abord deux tubes remplis dans leurs parties inférieures d'argile très-pure légèrement humectée, pour que les dissolutions placées dans les parties supérieures ne puissent s'échapper, et plongeons-les, à moitié, dans un vase d'eau. Le premier, que nous appellerons tube positif, parce qu'il communique, au moyen d'une lame de platine, avec le pôle positif d'une pile, est rempli d'une dissolution de nitrate de cuivre, et le second, que nous appellerons par une raison semblable tube négatif, d'eau rendue conductrice par l'addition d'une petite quantité de sel. Aussitôt que l'appareil commence à fonctionner, l'eau est décomposée, l'oxigène et l'hydrogène sont transportés à leurs pôles respectifs, tandis que le nitrate de cuivre n'éprouve aucune décomposition. Comment, en effet, l'oxide de cuivre serait-il transporté du pôle positif au pôle négatif en traversant une certaine étendue d'eau, quand ce liquide ne peut lui fournir les élémens néces-

saires pour former un composé soluble, condition sans laquelle le transport ne saurait avoir lieu, surtout quand on emploie une pile d'une intensité peu considérable. Celle dont j'ai fait usage était formée de trente élémens d'un décimètre carré, et chargée avec une dissolution légère de sel marin renfermant un centième d'acide sulfurique. En opérant d'une manière inverse, c'est-à-dire en mettant la lame positive dans l'eau et la lame négative dans le nitrate de cuivre, la décomposition de ce dernier s'opère sans difficulté, attendu que l'acide nitrique peut se rendre au pôle positif en prenant pour véhicule l'eau ou tout autre corps qui s'y trouve dissout.

Si l'on substitue au nitrate de cuivre, qui se trouve dans le tube positif, un sel à base alcaline, la décompotion s'effectue dans l'un et l'autre cas, parce que l'alcali forme un composé soluble avec l'eau.

Les expériences suivantes feront connaître certaines conditions qui s'opposent aux décompositions immédiates des sels.

Si l'on verse dans le tube négatif une dissolution de sulfate de cuivre, et dans l'autre une dissolution de nitrate de potasse; l'acide nitrique est mis à nu dans ce dernier, la potasse, en se rendant dans le tube négatif, réagit sur le sulfate de cuivre, en chasse une portion de l'oxide de cuivre, qui est réduit immédiatement par l'hydrogène, et donne naissance à un double sulfate de cuivre et de potasse qui cristallise sur les parois du tube. Tant qu'il reste du sulfate de cuivre simple à décomposer, et qu'il y a une quantité suffisante de nitrate de potasse dans le tube positif, l'acide sulfurique n'est pas transporté dans le tube positif. Mais aussitôt que le double

sulfate commence à être décomposé, sa présence dans ce tube y est rendue sensible par le nitrate de baryte.

Mettons dans le tube positif, ainsi que dans le bocal intermédiaire, une dissolution de nitrate de potasse, et dans le tube négatif une dissolution saturée à parties égales de nitrate et de sulfate de cuivre, ces deux sels seront décomposés, mais successivement et à des époques assez éloignées. Voici la marche de l'opération telle que l'expérience l'indique : du cuivre est réduit sur la lame négative, de la potasse passe dans le tube négatif et s'y combine avec une portion de l'acide sulfurique; de l'acide nitrique devient libre dans le tube positif, où aucun réactif ne peut y reconnaître la présence de l'acide sulfurique. Ce résultat nous indique de suite que le nitrate de potasse d'une part, et celui de cuivre de l'autre, sont décomposés avec transport de leurs élémens, tandis que le sulfate de cuivre l'est par les actions combinées de la pile et de la potasse, sans qu'il y ait transport de son acide au pôle positif, mais alors il y a formation d'un double sel. Ce dernier mode de décomposition joue un grand rôle dans la formation des composés électro-chimiques.

Aussitôt que la décomposition des nitrates est terminée, commence alors celle du double sulfate de cuivre et de potasse qui s'est formé dans le tube négatif. A la fin de l'opération, toutes les bases sont d'un côté et les oxides de l'autre; mais, je le répète, ce résultat ne s'obtient qu'après un temps assez long, qui dépend de l'intensité de la pile, parce que le double sel qui est peu soluble oppose une assez grande résistance à l'action décomposante de la pile. On se rend facilement compte de ces

différens effets : la décomposition doit commencer par les nitrates de potasse et de cuivre, attendu que l'acide nitrique, quoique combiné avec deux bases différentes, se trouve placé d'une manière continue de l'un à l'autre tube, circonstance favorable pour que celui qui est dans le tube négatif soit transporté dans l'autre. L'acide sulfurique ne se trouvant pas placé aussi favorablement, le sulfate n'est pas d'abord décomposé; la potasse, aussitôt qu'elle est arrivée dans le tube négatif, y exerce son action sur les dissolutions qui s'y trouvent; elle décompose donc une portion du sulfate de cuivre et forme du sulfate de potasse qui, en se combinant avec du sulfate de cuivre, donne naissance à un double sulfate peu soluble, qui se dépose en petits cristaux sur les parois du tube. L'oxide de cuivre, chassé par la potasse, est réduit immédiatement par l'hydrogène qui se trouve à l'état naissant.

Les quantités relatives des sels apportent naturellement des modifications dans les divers résultats que je viens de rapporter. Il faut souvent plusieurs jours pour que ces diverses opérations s'effectuent, ce qui permet de mettre ce temps à profit pour obtenir des effets que ne peuvent donner les piles les plus énergiques.

A l'aide des observations précédentes, on pourra, je crois, résoudre cette question : un mélange de plusieurs dissolutions salines étant donné, en opérer successivement la décomposition avec la pile de manière que tel ou tel acide soit seul transporté d'abord dans le tube positif. Pour fixer les idées, je prends une dissolution qui renferme un sulfate, un chlorure et un nitrate métalliques; voyons comment il faudra disposer l'appareil pour que l'acide sulfurique soit d'abord seul transporté au

pôle positif : on versera la dissolution des trois sels dans le tube négatif, et l'on mettra une dissolution de sulfate alcalin dans le vase intermédiaire, ainsi que dans le tube négatif et dans l'argile qui remplit les parties inférieures des tubes ; puis l'on fera plonger, comme à l'ordinaire, dans chaque dissolution, une lame de platine, en communication avec l'un des pôles de la pile. Le sulfate alcalin sera d'abord décomposé, ainsi que le sulfate de cuivre et l'alcali, en se rendant dans le tube négatif, réagira sur les autres sels dont il opérera la décomposition. Si cette réaction donne lieu à la formation de sels doubles peu solubles, il est peu probable alors que les acides ne seront pas transportés immédiatement dans le tube positif.

CHAP. II. *De la décomposition des sels avec réduction immédiate de leurs bases.*

On sait que tous les sels peuvent être décomposés par la pile, pourvu qu'ils soïent humectés ou dissous ; l'oxide ou le métal se rassemble toujours au pôle négatif, et l'acide au pôle positif, quand il n'est pas lui-même décomposé. Lorsque l'on veut opérer la réduction des oxides alcalins, il faut se servir de l'affinité du mercure pour les métaux d'où ils dérivent, comme l'a fait Davy. On a trouvé qu'en employant deux piles de cent paires, les dissolutions de manganèse, de zinc, de fer, d'étain, d'arsenic, d'antimoine, de bismuth, de cuivre, de plomb, de mercure, d'argent, d'or et de platine, laissent précipiter en quelques minutes une certaine quantité de métal réduit sur le fil négatif. Les dissolu-

tions de titane, nickel, cobalt, urane et chrôme n'offrent pas de traces bien sensibles de réduction.

Guidé par des vues théoriques et surtout par l'observation de divers phénomènes naturels, j'ai pensé qu'il n'était pas toujours nécessaire d'employer les appareils les plus énergiques pour obtenir les plus grands effets de décomposition, et que l'on pourrait arriver au même but, et même aller au-delà, en joignant l'action de certaines affinités à celle de courans peu énergiques.

J'ai montré précédemment que plusieurs causes peuvent concourir à la décomposition de certains sels métalliques dans des appareils convenablement disposés; l'action de la pile, et la réaction de l'alcali ou de l'oxide, qui est transporté dans le tube négatif, sur le sel qui s'y trouve, lesquelles concourent, avec celle de l'hydrogène à l'état naissant, à la réduction de la base.

D'un autre côté, la présence de l'eau étant souvent un obstacle à la décomposition des sels, surtout quand l'oxigène de l'eau a moins d'affinité pour l'hydrogène que n'en a le même gaz pour le métal, d'où dérive l'oxide, l'eau est alors seule décomposée; il faut alors opérer sur des dissolutions très-concentrées et quelquefois sur les oxides eux-mêmes légèrement humectés. Ces précautions ne suffisent pas encore lorsqu'il s'agit surtout de réduire les oxides les plus réfractaires; on a recours, dans ce cas, à plusieurs moyens que je vais indiquer.

On conçoit parfaitement que le gaz hydrogène en arrivant au pôle négatif, doit y exercer une puissance réductive d'autant plus énergique, qu'il reste plus longtemps à l'état de gaz naissant, car cet état est le plus favorable possible aux actions chimiques. Mais comment

peut-on remplir cette condition? J'ai pensé que plus le courant est rapide, plus le dégagement de gaz est rapide aussi, et moins il est probable qu'il reste de temps à l'état naissant; mais aussi, moins le courant est rapide, moins la pile agit avec force. Du balancement de ces deux forces résultera peut-être un maximum d'effet qu'il est impossible de déterminer à priori, mais que l'on obtiendra après quelques essais; si cela ne suffit pas, il faudra encore employer l'affinité d'un métal facilement réductible pour celui de l'oxide que l'on veut réduire. Je vais faire usage de ces principes pour retirer immédiatement de leurs dissolutions le fer, le zirconium, le glucium, le magnésium, et même faire cristalliser ces métaux.

De la réduction de l'oxide de fer.

Lorsque l'on soumet à l'action d'une pile de cent élémens une dissolution de proto-sulfate ou de proto-chlorure de fer, dans laquelle plongent deux lames de platine en communication chacune avec l'un de ses pôles, il se dépose en quelques minutes sur la lame négative du fer en petits grains, qui ne tarde pas à s'oxider s'il est en contact avec l'air. J'ai cherché s'il n'était pas possible de réduire immédiatement le fer de ses dissolutions en employant une tension électrique très-faible, telle que celle qui est donnée avec une pile composée de cinq ou six élémens, faiblement chargée, et même d'un seul élément. Pour faire cette expérience, reprenons l'appareil des deux tubes décrit plus haut; versons dans le tube négatif une dissolution de proto-chlorure de fer, et dans l'autre une dissolution de chlorure de sodium, et réglons l'action de

la pile pour que le dégagement des gaz soit à peine sensible. La soude et l'hydrogène en se rendant dans le tube négatif y opèrent les changemens suivans : l'alcali en se combinant avec une portion de l'acide sulfurique, donnera naissance à un double sulfate de fer et de soude, tandis que l'hydrogène en réagissant sur l'oxide à l'instant où il est précipité, détermine sa réduction. Le fer se dépose sur la lame négative, tantôt sous la forme d'une couche composée de très-petits cristaux qui lui donnent un aspect chatoyant, tantôt sous celle d'un métal coulé, quand l'action surtout a été très-lente; tantôt sous celle de tubercules arrondis, plus ou moins cristallins; dans les cas où la lame est recouverte symétriquement de petits cristaux, elle possède la polarité magnétique qui, en raison de la pureté du fer, ne peut être attribuée qu'à la solution de continuité existant entre toutes les particules. Dans l'acier, le carbone interposé entre les molécules s'oppose à la recomposition des deux fluides dégagés pendant l'aimantation. Il paraît que la solution de continuité produit le même effet dans le fer réduit. Le proto-chlorure fournit la plupart du temps un précipité uniforme sur toute la lame, tandis que le proto-sulfate donne naissance assez ordinairement à des petits tubercules qui s'oxident assez rapidement à l'air, tant sont ténues les parties qui les composent; il arrive souvent que tout le métal s'oxide quand on fait sécher la lame. Lorsque l'on veut opérer la réduction de l'oxide de fer avec un ou deux élémens, il faut modifier le procédé ci-dessus. On remplace la lame de platine qui se trouve dans le chlorure de sodium par une lame de zinc, pour que la réaction chimique

de ce métal facilite la décomposition du sel. Vingt-quatre heures après, on commence à apercevoir du fer sur la lame de platine.

De la réduction de la zircone.

La réduction de la zircone est assez facile avec une dissolution très-concentrée d'hydrochlorate de zircone qui renferme une petite quantité de fer ; le mode d'expérimentation est le même que celui pour obtenir le fer. On verse dans le tube négatif une dissolution de cet hydrochlorate, et dans le tube positif une dissolution de chlorure de sodium, puis l'on soumet le tout à l'action d'une pile composée de quelques élémens, et chargée depuis deux jours avec une dissolution légère de sel marin, pour que son effet soit très-affaibli. La lame négative prend peu à peu une teinte grisâtre, et vingt-quatre heures après, on commence à apercevoir des lamelles carrées d'un gris d'acier très-brillant, qui augmentent successivement d'étendue jusqu'à avoir un demi-millimètre de côté. Ces lamelles n'éprouvent dans la dissolution aucun changement tant qu'elles sont sous l'influence de la pile ; mais aussitôt qu'on les en retire, elles se décomposent peu à peu à l'air et dans l'eau en laissant dégager de l'hydrogène. Les premières lamelles déposées sont composées d'un alliage de fer et de zirconium, comme on peut le voir en les traitant par un acide ; tandis que les dernières ne paraissent être formées que de zirconium presque pur, car, en les laissant à l'air, le produit de leur décomposition est d'un blanc éclatant. Il est impossible par

ce procédé de retirer le zirconium de l'hydrochlorate pur de zircone, il faut absolument y ajouter une petite quantité d'oxide de fer.

Le zirconium préparé par le procédé de Wohler se présente sous la forme d'une poudre noire qui acquiert un brillant gris de fer quand on la passe sous le brunissoir. Il n'est point attaqué à la température ordinaire par les acides sulfurique et hydrochlorique concentrés, tandis que celui obtenu par la voie humide s'oxide dans l'eau et à l'air à la température ordinaire. Cette différence tient à ce que l'alliage de fer et de zirconium forme une pile dont les élémens réagissent sur l'oxigène avec plus d'énergie que s'ils étaient séparés. Quant au zirconium presque pur, il est probable que la très-petite quantité de fer qu'il renferme suffit également pour le rendre plus altérable. Les cristaux s'étendent facilement sous le marteau, et les surfaces mises à nu ont un brillant métallique qui s'altère promptement.

Pour conserver l'alliage de zirconium et de fer et le zirconium cristallisés, il faut faire dessécher la lame de platine sur laquelle sont déposés les cristaux, dans une cloche vide d'air où se trouve du chlorure de calcium; puis mettre rapidement cette lame dans un tube de verre bien sec, au fond duquel se trouve du potassium, et fermer l'ouverture à la lampe. Quand ces opérations sont exécutées promptement, les cristaux conservent leur éclat métallique. Si l'on plaçait la lame dans du naphte immédiatement après l'avoir retirée de la dissolution, la petite couche de liquide qui est adhérente à sa surface suffirait pour décomposer les cristaux; il faut donc préalablement les faire dessécher dans le vide.

Je me suis assuré de plusieurs manières que les cristaux ne renferment pas de chlore, et ne peuvent être considérés comme des sous-chlorures.

Réduction de la glucine et de l'oxide de titane.

Les chlorures de glucium et de titane qui renferment du fer, soumis au même mode d'expérimentation que le chlorure de zirconium, donnent des résultats à peu près semblables à ce dernier : lames cristallines brillantes d'un gris de fer, s'oxidant à l'air, plus rapidement encore que celles de zirconium ; aussi les obtient-on en plus petite quantité et plus difficilement. Le mode de conservation est le même. Les chlorures parfaitement purs ne donnent lieu également à aucune réduction.

Réduction de la magnésie.

La réduction de la magnésie est beaucoup plus difficile à obtenir par l'électro-chimie que celle de la zircone.

Davy, pour réduire la magnésie avec une pile composée de cent élémens, a suivi le même procédé qui lui avait servi pour les métaux des alcalis, c'est-à-dire qu'il a combiné immédiatement le magnésium avec le mercure ; mais lorsqu'il a voulu séparer les deux métaux, il a trouvé que le magnésium commençait à réduire le verre, avant que tout le mercure ne fût volatilisé ; dès-lors il n'a pu avoir le magnésium pur.

MM. Wohler et Bussy l'ont obtenu en traitant le chlorure de magnésium par le potassium à l'aide de la

chaleur. Ce métal, qui est d'un blanc argentin, n'éprouve d'altération de la part de l'air que lorsqu'il est humide; aussi peut-on le conserver dans des tubes de verre secs, bien bouchés.

Voici la marche que j'ai suivie pour arriver à la réduction de la magnésie : lorsque l'on verse dans le tube négatif de l'appareil électro-chimique une dissolution concentrée de chlorure pur de magnésium, et dans le tube positif une dissolution de chlorure de sodium, et que l'on plonge ensuite, comme à l'ordinaire, dans chacune d'elles une lame de platine, en communication chacune avec l'un des pôles d'une pile composée d'une vingtaine d'élémens, et chargée avec une dissolution légère de sel marin, les deux chlorures sont décomposés sans qu'il y ait aucune apparence de réduction de la magnésie. Si l'on ajoute à la dissolution de chlorure de magnésium un dixième environ de son poids d'une dissolution de proto-chlorure de fer, ce dernier métal ne détermine pas la réduction de la magnésie, comme celle de la zircone, de la glucine; il se dépose seulement sur la lame négative une substance noire dont je n'ai pas encore déterminé la nature, mais qui n'est pas du magnésium.

Si je m'en fusse tenu à ces deux essais, j'aurais regardé la réduction de la magnésie comme impossible; mais habitué à varier sans cesse les expériences pour arriver au but que je me propose, je substituai au chlorure pur de magnésium un chlorure qui, ayant été préparé dans une bassine d'argent, renfermait du chlorure d'argent en état de combinaison, et dans des proportions que je n'ai pas déterminées malheureusement, parce que j'ignorais

les résultats auxquels je parviendrais. Il s'est d'abord formé sur la lame négative un dépôt gris, puis ensuite des tubercules de même couleur, et enfin des cristaux octaèdres d'un blanc argentin, possédant toutes les propriétés du magnésium. Ce dépôt gris est un alliage d'argent et de magnésium, et les tubercules paraissent être formés de magnésium dans un grand état de division, puisqu'ils acquièrent sous le brunissoir le brillant métallique, et qu'ils se dissolvent dans l'acide hydrochlorique. On voit donc que la présence de l'argent dans le chlorure de magnésium a déterminé la précipitation de ce dernier métal, et que l'opération une fois commencée, elle a continué, même quand tout l'argent a été précipité. Je dois faire remarquer que cette expérience a réussi cinq fois avec le même chlorure; chaque fois l'opération a été conduite de manière que le dégagement d'hydrogène était à peine sensible au pôle négatif.

Je ne donnerai pas d'autres exemples de réduction, parce qu'ils suffisent, je crois, pour établir ce principe, qu'avec des forces électriques peu intenses, aidées d'affinités chimiques, on peut produire les plus grands effets possibles de décomposition.

Avant de terminer ce mémoire, je présenterai quelques observations relatives au sujet qui y a été traité.

On est forcé souvent à faire des essais pour déterminer l'intensité du courant qui est nécessaire pour produire telle ou telle action chimique, parce que la science n'est pas assez avancée pour que l'on puisse obtenir à volonté des effets déterminés; mais rien n'est plus simple que de soumettre plusieurs dissolutions à l'action de courans égaux quand les dissolutions ont la même con-

ductibilité électrique : il suffit pour cela de plonger dans chacune d'elles une lame de platine, que l'on met en communication avec le même pôle d'une pile, tandis que le liquide qui est en rapport avec les deux dissolutions communique avec l'autre pôle. On peut, au moyen de ce procédé, diviser un courant en autant de courans partiels qu'il y a de dissolutions.

Je dois faire remarquer que plus les diamètres des tubes sont petits, plus l'action capillaire exercée par les liquides sur leurs parois et l'argile inférieur est considérable, et moins on a à craindre le déplacement des dissolutions, ce qui est de la plus haute importance dans les phénomènes électro-chimiques.

Sur *la Chaleur latente du Plomb et de l'Étain fondus, et sur une Propriété générale des alliages métalliques.*

Par M. Rudberg.

(Communiqué par l'auteur.)

Abstraction faite de l'intérêt général qu'aurait la détermination de la valeur numérique d'un élément aussi remarquable que la chaleur latente des corps, les recherches sur ce point sont devenues encore plus importantes depuis que MM. Dulong et Petit ont découvert que la

chaleur spécifique est dans un rapport simple avec les poids atomistiques. La question de savoir si une relation analogue n'existerait pas entre la chaleur latente et le poids atomistique se présente d'elle-même.

Le seul corps fluide dont on connaisse avec quelque certitude la chaleur latente, c'est l'eau. En résultat moyen, on a trouvé, par différentes expériences, qu'une partie de glace à 0°, pour être mise en état fluide sans changement de température, exige autant de chaleur qu'il en faudrait pour échauffer 75 parties d'eau depuis 0° jusqu'à 1° centés. Black, qui découvrit le premier la propriété générale des corps, savoir : qu'à leur passage de l'état solide à l'état liquide, ou de l'état liquide à l'état gazeux, ils absorbent une grande quantité de chaleur qui n'agit pas sur le thermomètre, avait aussi cherché à déterminer la chaleur latente de l'étain et de la cire. Il trouva qu'une partie d'étain fluide, en se solidifiant, dégage une quantité de chaleur suffisante pour échauffer 277,77 parties d'eau de 0° à 1°, et que la chaleur de fluidité de la cire produirait le même échauffement dans 97,22 parties d'eau. De ces résultats, le premier est tout-à-fait fautif, vu que la chaleur latente de l'étain fluide n'est que 13 au lieu de 277, ainsi vingt fois moins que ce qu'a trouvé Black.

La recherche que j'ai entreprise concerne la chaleur latente des métaux les plus fusibles et celle de leurs alliages. Quoique je me sois proposé de répéter avec des instrumens plus exacts toutes les expériences que j'ai faites sur cette matière, et espérant alors pouvoir déterminer avec plus de précision les valeurs numériques, je fais connaître, en attendant, quelques résultats préalables

qui, sous différens rapports, paraissent mériter l'attention.

Black s'est servi dans ses recherches de la méthode des mélanges. Il fit couler l'étain fluide dans l'eau, et chercha, d'après le maximum de température qu'obtenait l'eau, à déterminer la chaleur de l'étain. Cette méthode me paraît sujette à des erreurs bien graves; il est surtout difficile, sinon impossible, d'éviter que l'étain fluide n'ait pas une température élevée au-dessus de celle de sa liquéfaction. Soit Am la quantité de chaleur qu'u poids m de l'étain fluide dégagerait en se refroidissant jusqu'à la température de solidification, Lm sa chaleur latente, et Bm la quantité de chaleur qui s'en va pendant le refroidissement après la solidification jusqu'à la température du mélange, il est évident que la chaleur totale dégagée est

$$= m(A + B + L).$$

Supposant maintenant que toute cette quantité pourrait se calculer d'après la température acquise par la masse d'eau, ce qui cependant, à cause de la perte de chaleur occasionée par les vapeurs d'eau qui se forment, et à cause des erreurs bien reconnues d'ailleurs à la méthode des mélanges, ne paraît pas être possible, on aurait toutefois en mettant toute cette quantité $= S$,

$$L = \frac{S}{m} - A - B.$$

Par conséquent, pour avoir la valeur de L, il faudrait connaître celle de A et B. Mais comment apprécier

exactement ces valeurs ? Les recherches de MM. Dulong et Petit donnent bien avec toute précision la connaissance des chaleurs spécifiques de la plupart des corps simples aux basses températures, de même que pour quelques uns la variation de cette chaleur dans les hautes températures ; mais quant à la valeur précise de *A* et de *B*, on n'aurait jamais pour les corps qui n'ont pas été directement soumis à l'épreuve, qu'une valeur approximative, laquelle pourrait devenir assez fautive, parce que c désignant la chaleur spécifique à la température *t*, la valeur de *A*, de même que celle de *B*, est $=\int c.dt$, intégrale prise entre les limites des températures mentionnées. Cette difficulté suffit, sans en nommer d'autres, pour prouver que la méthode des mélanges n'est applicable, quand il s'agit de déterminer la chaleur latente dans les métaux fluides, dont la température de solidification est aussi élevée que celle de l'étain et du plomb.

La méthode dont je me suis servi est celle du refroidissement, et l'appareil dont je fis usage fut le suivant : un vase cubique en tôle de fer, de 8 pouces de dimension, fut placé dans un second vase de 10 pouces de hauteur et de 12 de largeur, de manière que la distance de l'un à l'autre fut partout de 2 pouces. L'espace entre les deux vases était rempli de neige pour soutenir pendant l'expérience la température du vase intérieur à zéro. Les parois de celui-ci étaient intérieurement couvertes de noir de fumée, pour leur donner la plus grande faculté absorbante. Le vase extérieur avait un couvercle divisé en deux parties, dont le dessus fut rempli de neige, et le dessous noirci de fumée. Au milieu du vase intérieur

était suspendu dans un anneau de fil de platine, tenu par quatre fils du même métal, un creuset en tôle mince; le couvercle, de même en tôle, qui fermait exactement ce creuset, avait une douille au milieu, fermée par un bouchon par lequel passait le tube d'un thermomètre divisé de cinq en cinq degrés jusqu'à 350°, et qui était placé de manière que sa boule fût justement au centre du creuset quand il se trouvait fermé. Le creuset et son couvercle furent extérieurement couverts de noir de fumée pour leur donner la plus grande force de rayonnement.

Le métal fondu ayant été versé dans le creuset suspendu, le couvercle fut instantanément placé avec son thermomètre soigneusement échauffé d'avance à la flamme d'esprit de vin, et les deux parties du couvercle du vase extérieur furent fermées autour du tube du thermomètre. Alors on commença à observer le temps du refroidissement de la masse métallique pour chaque dix degrés du thermomètre au moyen d'une montre à secondes. Connaissant ainsi le temps qu'il faut au thermomètre pour parcourir les dix degrés entre lesquels est située la température de solidification du métal, on peut, en le comparant avec le temps nécessaire pour le même refroidissement, lorsque le creuset est rempli de mercure, calculer la chaleur latente de l'autre métal, car le creuset se trouvant dans un espace soutenu invariablement à la température de 0°, et ayant toujours la même surface rayonnante, il faut, lorsque la différence entre la température du creuset et celle de l'espace est la même dans les deux cas, que les chaleurs dégagées par les métaux soient entre elles directement comme les temps correspondans de refroidissement, abstraction

faite de ce qu'il peut résulter de la diverse conductibilité des deux métaux.

La masse de mercure étant $= m$, sa chaleur spécifique dans le voisinage de la température de solidification de l'autre métal $= c$, sa perte de chaleur pendant le refroidissement des dix degrés dans ce voisinage sera $= 10\ mc$. L'autre métal perd non seulement sa chaleur latente, mais encore la chaleur qui s'échappe pendant l'abaissement des dix degrés; par conséquent, sa masse étant $= M$, sa chaleur latente pour l'unité du poids $= L$, et sa chaleur spécifique au moment de la solidification $= C$, sa perte totale de chaleur sera $= M(L + 10\ C)$. En appelant ensuite, t, le temps de l'abaissement des dix degrés, lorsque le mercure remplit le creuset, et T le temps correspondant lorsque le creuset est rempli de l'autre métal, on aura :

$$M(L + 10\ C) : 10\ mc = T : t,$$

ou, si on veut tenir compte de la perte de chaleur du creuset même, sa masse étant $= \mu$, et sa chaleur spécifique $= c''$:

$$M(L + 10\ C) + 10\ \mu c'' : 10\ (mc + \mu c'') = T : t;$$

d'où :

$$L = \frac{10\ (mc + \mu c'')\ T}{Mt} - 10\left(C + \frac{\mu}{M}\ c''\right).$$

Cette formule n'est pourtant pas tout-à-fait exacte, parce que, même en omettant toute considération relative à la diverse conductibilité des métaux, la température s'abaisse continuellement pendant le temps t, le

creuset étant rempli de mercure, et qu'au contraire, quand l'autre métal remplit le creuset, la température reste invariable pendant la plus grande partie du temps T. Cependant lorsqu'il s'agit seulement des dix degrés de l'abaissement, les erreurs provenant de cette cause dans la valeur de L ne doivent pas devenir graves.

Parmi les quantités qui entrent dans la formule, m, M et T ont des valeurs si grandes que les petites erreurs commises en les déterminant ne peuvent être d'aucune influence appréciable. Le contraire a lieu relativement au temps t, qui, étant très-petit, ne se laisse déterminer que très-difficilement avec toute la précision nécessaire. Le temps T montant à plusieurs minutes, le temps t est de si peu de secondes, que l'erreur d'une demi-seconde dans sa valeur a plus d'influence qu'une erreur de plusieurs secondes dans la valeur de T. Or il y a deux circonstances qui peuvent rendre la valeur de t erronée, savoir : une fausse estimation des sous-divisions de secondes de la montre, et surtout la difficulté d'observer le moment où le sommet du mercure atteint dans le thermomètre le trait rayé par le diamant sur le tube de verre. Comme il est difficile, à cause de la grande vitesse avec laquelle le mercure descend, d'éviter la parallaxe en observant le thermomètre, on tombe ordinairement dans la dernière erreur. Pour cette raison, j'ai repris ces recherches de nouveau en me servant d'un thermomètre plus long et plus exactement divisé, et j'espère maintenant, ayant surtout employé une meilleure méthode d'observation, parvenir à une plus grande précision. Les valeurs numériques de la chaleur latente du plomb et de l'étain fondu, qui résultent des observations

que je vais rapporter à présent, ne doivent conséquemment être considérées que comme approximatives, étant peut-être fautives d'une ou deux unités dans les premières décimales.

Le tableau suivant contient le résultat moyen des observations. Le poids du mercure était = 421,16 gramm., celui du plomb = 372^{g},05, et celui de l'étain = 252^{g},97.

DEGRÉS du THERMOMÈTRE.	TEMPS de refroidissement pour chaque dix degrés du thermomètre centigrade.		
	LE MERCURE.	LE PLOMB.	L'ÉTAIN.
340°			
330	11″	12″	
320	12″	171″	
310	13″	16″5	
300	14″5	15″	
290	15″	15″	14″
280	16″	16″+	16″
270	18″—	17″—	17″+
260	19″+	17″5	19″
250	20″5	19″—	20″
240	21″	20″	22″
230	24″	22″	23″+
220	24″5	23″+	560″
210	27″	25″	33″
200	28″5	27″	33″
190	32″5	31″	35″
180	36″+	34″	38″
170	39″		40″
160	39″		43″+
150	45″5		50″—
140	48″5		52″

Le temps T qu'exigea l'étain dont la solidification se

faisait à 228°, pour être refroidi de 230° à 220°, était ainsi = 560″, et le temps t correspondant pour le mercure = 24″5. En ne tenant pas compte de la perte de chaleur du creuset, qui ne pesait que quelques grammes, on a pour la valeur de L :

$$L = 10\,c\,\frac{mT}{Mt} - 10\,C.$$

Il reste par conséquent à déterminer les valeurs des quantités c et C. Pour la première, il est facile de la calculer d'après les expériences de MM. Dulong et Petit sur la chaleur spécifique du mercure, parce qu'elles donnent comme valeur moyenne entre 0° et 300°: 0,035, et entre 0° et 100° : 0,033. En désignant par τ la température, et en appelant K la valeur de l'intégrale $\int c.d\tau$, prise entre 0° et $\tau°$, on aura approximativement :

$$K = A\tau + B\tau^2;$$

ou, d'après les données précédentes :

$$K = 0{,}032\,\tau + 0{,}00001\,\tau^2.$$

D'où τ étant = 230°, K devient = 7,889; et τ étant = 220°, K = 7,524, et ainsi la différence $10\,c$ = 0,365.

Quant à la chaleur spécifique de l'étain dans le voisinage de sa température de solidification, elle n'est pas connue; mais lorsque, d'après les déterminations de M. Dulong, elle est, aux températures basses, = 0,0514,

on pourrait supposer, comme approchant de la vérité, qu'elle augmente avec les températures dans le même rapport que celle du mercure, quoique de cette manière, à cause de la grande contraction de l'étain quand il se solidifie, on doive avoir une valeur probablement trop petite. La valeur de C devient $= 0,0586$. Les valeurs ainsi trouvées étant substituées dans la valeur de L, on obtient :

$$L = 13,314\,;$$

c'est-à-dire *une partie de l'étain fluide contient autant de chaleur latente qu'il en faudrait pour élever* 13,314 *parties d'eau depuis* 0° *jusqu'à* 1°.

Pour le plomb, qui se solidifie à 325°, M est $= 372^g,05$, $T = 171''$, et le temps correspondant du refroidissement du mercure, ou $t = 12''$. Si l'on calcule maintenant la valeur de K, on trouve, τ étant $= 330°$, $K = 11,649$, et τ étant $= 320°$, $K = 11,264$; ainsi la différence est $= 0,385$. Par un calcul analogue à celui qu'on vient de faire pour l'étain, on trouve que la chaleur spécifique du plomb dans les basses températures étant $= 0,0293$, celle du plomb, dans les environs de 325°, est $= 0,0352$. Au moyen de ces valeurs on obtient enfin :

$$L = 5,858\,;$$

c'est-à-dire *une partie de plomb fluide contient une telle quantité de chaleur, qu'elle suffirait pour élever* 5,858 *parties d'eau de* 0° *à* 1°.

En réunissant les résultats, on obtient le tableau suivant :

	CHALEUR LATENTE	
	ABSOLUE.	RELATIVE.
L'eau	75,000	1,0000
L'étain	13,314	0,1775
Le plomb	5,858	0,0781

Dans la troisième colonne, la chaleur latente de l'eau est prise pour unité.

Comme il est déjà dit plus haut, ces valeurs ne peuvent être considérées que comme approximatives. Elles sont probablement un peu trop grandes. Mais cependant on peut en conclure que les chaleurs latentes ne sont pas, comme les chaleurs spécifiques, dans un rapport simple avec les poids atomistiques.

Après avoir ainsi déterminé la chaleur latente de l'étain et du plomb, et ne pouvant appliquer la même méthode aux autres métaux qui se liquéfient à des températures plus hautes que celle de l'ébullition du mercure, je me proposais de chercher s'il n'existerait pas une relation simple entre la chaleur latente d'un alliage et celle des métaux qui le composent; de sorte que, connaissant la chaleur latente d'un alliage et sa composition, ainsi que la chaleur latente d'un des métaux, on pût calculer celle de l'autre, qui, à cause de la haute température de liquéfaction de ce métal, ne saurait être trouvée par la méthode précédente. Mais, en faisant le premier essai avec les alliages du plomb et de l'étain, j'observai que le thermomètre devenait en général deux

fois stationnaire, s'arrêtant une fois à un point commun à tous les alliages de cette sorte, et une autre fois à un point qui variait avec les proportions des métaux. Le même résultat remarquable s'est toujours présenté dans les autres alliages avec lesquels j'ai pu faire des expériences.

Les tableaux ci-joints contiennent les résultats observés sur trois espèces d'alliages. Les métaux furent mêlés dans des proportions d'atomes déterminées, lesquelles sont indiquées dans la colonne horizontale du tableau : les temps du refroidissement pour chaque dix degrés se trouvent insérés dans les colonnes verticales.

Le tableau n° I présente les temps du refroidissement observés sur les alliages du plomb et de l'étain, dont le premier se solidifie à 325°, et le second à 228°. Dans tous ces huit alliages, le thermomètre est toujours resté longtemps stationnaire au même point 187°, comme on le voit évidemment par les grands intervalles de temps qu'il fallait pour descendre de 190° à 180°, en comparaison des temps relatifs aux dix degrés précédens et suivans. Mais, outre ce point d'arrêt, qui était indépendant des proportions du mélange, le thermomètre s'arrêta encore une seconde fois ; par exemple, pour l'alliage $Pb^3.Sn$ entre 290° et 280° pendant 1′ 36″ ; pour $Pb^2.Sn$ entre 280° et 270° pendant 1′ 6″, etc., etc. En augmentant la quantité d'étain, le point supérieur d'arrêt s'approche de plus en plus du point fixe, et coïncide avec lui pour l'alliage $Pb.Sn^3$, dont le refroidissement se fait tout-à-fait régulièrement. Dans l'alliage $Pb.Sn^4$, le thermomètre s'arrêta quelques instans tout près de 190°, et descendit ensuite à 187°. Dans l'alliage $Pb.Sn^6$,

le point supérieur se montre de nouveau, le thermomètre employant 3′ 5″ pour marcher de 210° à 200°. Ce cas se prononce encore davantage pour $Pb.Sn^{12}$, où le thermomètre employa 4′ 23″ pour descendre de 220° à 210°.

Il résulte de là que, pour tous les alliages du plomb et de l'étain, excepté $Pb.Sn^3$, il y a *deux points d'arrêt* où le thermomètre est stationnaire, l'un étant *fixe* à 187°, et l'autre *mobile*, se montrant toujours d'autant plus haut que le mélange, par un excès d'un des métaux, s'éloigne plus de $Pb.Sn^3$. On observe aussi que le temps pendant lequel le thermomètre reste stationnaire au point fixe, diminue des deux côtés de $Pb.Sn^3$ à mesure que la quantité du métal mis en excès augmente, jusqu'à ce qu'il devient = 0, dans lequel cas le point supérieur coïncide avec la température même de solidification des métaux purs.

Le tableau n° II montre également les temps de refroidissement *des alliages d'étain et de bismuth*. On y voit que le point *fixe* est à 143° et que les temps sont réguliers pour $Sn^3.Bi^2$, de même que de chaque côté de cet alliage il y a le point *mobile*. D'un côté ce point marche, à mesure que la quantité de bismuth augmente, vers le point de solidification de ce métal, pendant que les temps à 143° vont toujours en diminuant. De l'autre côté il s'approche, avec l'excès de l'étain, vers le point de solidification de celui-ci.

Le tableau n° III présente les observations faites avec *les alliages du zinc et de l'étain*. Le point *fixe* est à 204°, et l'alliage $Zn.Sn^6$ se refroidit régulièrement. Le point mobile se montre de la même manière que dans les

systèmes des alliages précédens, de chaque côté de *Zn.Sn*^{6}.

J'ai aussi fait des recherches sur une série d'alliages du plomb et du bismuth, où le point fixe se trouve à 129°. L'alliage, qui se refroidit régulièrement, se trouve entre *Pb.Bi* et *Pb.Bi*^{2}, et paraît être *Pb*^{3} *Bi*^{4}. Car pour celui-ci il n'existe pas de point supérieur d'arrêt, qui se montre contraire pour *Pb.Bi* à 146°, et pour *Pb.Bi*^{2} à 143°. La série d'observations avec ce dernier alliage *Pb.Bi*^{2} présente cette circonstance extraordinaire que la boule cylindrique du thermomètre fut comprimée, de sorte que celui-ci donnait une indication trop forte de 6°. Étant mis dans l'étain solidifiant, où il avait toujours indiqué 228°, il donnait à présent 234°.

Dans les alliages de *zinc et de bismuth*, le point fixe se trouve à 251°. Je n'ai pu découvrir l'alliage dont le refroidissement est régulier. Il est situé vraisemblablement tout près du bismuth pur, et de peur de voir le thermomètre se casser, j'arrêtai mes recherches.

Le résultat général qu'on peut tirer de toutes ces observations, paraît être le suivant. Si l'on mélange deux métaux dans une proportion quelconque, il se forme toujours d'un des métaux et d'une partie de l'autre une combinaison intime, composée dans un rapport simple atomistique, que j'appellerai par cette raison l'*alliage chimique*, et la masse fondue n'est par suite qu'un mélange mécanique de cet alliage chimique et du métal qui se trouve en excès. Les métaux étant fondus dans la proportion précise de l'alliage chimique, la masse se refroidit par conséquent régulièrement jusqu'à la température de sa solidification, laquelle donne *le point*

fixe. Mais le mélange contenant un excès d'un des métaux, cet excès, qui aux hautes températures était fluide et dans cet état mêlé avec l'alliage chimique, se solidifie pendant le refroidissement, dégage sa chaleur latente, et produit par là le premier retard du thermomètre. Il s'ensuit aussi naturellement de là, que cette solidification doit avoir lieu à une température d'autant plus élevée que le métal est en plus grande quantité. Ce métal solidifié reste ainsi réparti dans l'alliage chimique encore fluide, qui enfin, à son passage à l'état solide, occasionne le second point de station du thermomètre, et cela toujours à la même température.

La justesse de cette explication se constate encore par ceci, savoir : qu'en versant un alliage, qui n'est pas l'alliage chimique, sur un corps froid, il ne reste pas parfaitement fluide jusqu'à sa congélation, mais, un temps plus ou moins long avant sa congélation, il prend l'aspect d'un mortier qui, en se refroidissant, devient de plus en plus difficile à remuer; ce qui n'a pas lieu dans l'alliage chimique.

De même que dans les alliages binaires, indépendamment de leur composition, il existe toujours un *point fixe* où le thermomètre s'arrête plus ou moins longtemps, de même les alliages ternaires en présentent un pareil, ce qui indiquerait encore un alliage chimique entre trois métaux. Ainsi, par exemple, en mêlant du bismuth, du plomb et de l'étain, dans quelque proportion que ce soit, il y a toujours un point aux environs de 98°. Mais au lieu d'un seul point mobile, on en trouve deux dans ces alliages.

Les recherches sur les alliages ternaires exigent cepen-

dant, pour être décisives, des moyens beaucoup plus délicats que ceux dont je me suis servi dans les expériences précédentes sur les alliages binaires. J'ai aussi été obligé de faire changer l'appareil à plusieurs égards; mais les observations que j'ai faites depuis avec un thermomètre divisé de degré en degré n'étant point assez nombreuses, et d'ailleurs n'étant point encore rédigées, je me contente de communiquer ce qui précède, et qui suffit pour donner une idée générale de la propriété remarquable des alliages.

Je dois faire remarquer que le thermomètre que j'ai employé dans les recherches que je viens de décrire n'était pas exact. Mais comme cela n'a d'influence appréciable que sur la détermination de la température précise de la liquéfaction des métaux, et point du tout sur les résultats communiqués dans cette note, j'ai donné dans les tableaux les indications du thermomètre sans aucune correction, telles qu'elles ont été directement observées.

N° I. *Temps de refroidissement des alliages de plomb et d'étain pour chaque dix degrés.*

	Degrés du thermomètre centigr.	Plomb.	$Pb^3.Sn$.	$Pb^2.Sn$.	Pb.Sn.	$Pb.Sn^2$.	$Pb.Sn^3$.	$Pb.Sn^4$.	$Pb.Sn^6$.	$Pb.Sn^{12}$.	Etain.
	340°										
Température de solidification du plomb = 325°.	330	12″									
	320	2′ 31	11″	11″ +	11″	10″ +	11″	11″	11″	11″	
	310	16	13	13	13 −	13	13 +	13 −	13	13 −	
	300	15	14	14 +	13 +	14	14	14	14 +	13 +	
	290	15	15	15	16 −	15	15 +	15	15	15 +	14″
	280	16 +	1′ 36	17	17	17	18 −	17 +	17	17	16
	270	17 −	58	1′ 6	19 −	17 +	18	18	18	18	17 +
	260	17,5	45	1 0	19 +	19	19	20	19 +	18 +	19
	250	19 −	40	50	21	20 +	20	21	21	21 −	20
	240	20	36	44	1′ 7	22	23 −	22	22	22 −	22
Température de la solidification de l'étain = 228°.	230	22	33	41	57 +	24	24 +	24	24 −	23 +	23 +
	220	23 +	33	39 −	51	28	25	25	25 +	24	9′ 20
	210	25	33	37 +	49	30	28	28	28	4′ 23	33
	200	27	34	38	48	1′ 2	31	30	3′ 5	2 34	33
Point fixe à 187°.	190	31	36	40	49	1 0	35 −	34	3 1	1 56	35
	180	34	1′ 48	3′ 0	8′ 48	9 28	11′ 20	11′ 31	6 26	3 49	38
	170		45 −	40	40	44	50	41 −	41	41	40
	160		42	42	40	44 +	54	42	42	43	43
	150		50	49 −	52	53	1′ 5	53	52	49	50 −
	140		1′ 12	1′ 27	1′ 33	1′ 23	1 11	1′ 5	59	56	52

N° II. *Temps de refroidissement pour chaque dix degrés avec les alliages d'étain et de bismuth.*

Degrés du thermomètre.	$Sn^4.Bi.$	$Sn^2.Bi.$	$Sn^3.Bi^2.$	$Sn.Bi.$	$Sn^2.Bi^3.$	$Sn.Bi^2.$
340°						
330	9″,5					10″ +
320	11 —	11″ —		11″ +		11 —
310	12	11 5 +	11″ +	12		12
300	14 —	12 5	12	14 —		13 +
290	14 +	15 —	14 5	15 +		15 —
280	17 —	15 5	15 5	16	16″	16
270	18	16 5	16	17 +	18 —	16 5
260 (1)	18 5	18 —	18 —	18 5	18	17 5
250	20 5	19 5	19 +	19 5	21	20 —
240	22 —	21 5 —	20	20 5	21	20 5 +
230	23 +	22 +	22	22 5 —	22 +	22 5
220	25 —	24	24 —	24 5	25 —	24
210	28	26	25 5	26 5	25 +	27
200	29 +	28	27 5	28 +	29	28 +
190	2′ 48	32 +	31	32 —	31	2′ 19
180	2 38	33 —	33 —	34 —	35	2 17
170	2 18	37	35	36	2′ 20	2 5
160	1 57	1′ 55	39	40	2 18	1 50
150	1 50	2 37	44 —	1′ 19	2 11	1 47
140 (2)	7 2	15 30	18′ 8	19 4	12 47	10 40
130	1 11 5	59	1 3	1 14	2 14	1 41
120	1 10 5	1′ 17 +	1 6	1 5		1 0

(1) Le bismuth se solidifie à 264°.

(2) *Point fixe* à 143°.

N° III. *Temps de refroidissement pour chaque dix degrés avec les alliages de zinc et d'étain.*

Degrés du thermomètre.	$Zn.Sn.$	$Zn.Sn^2.$	$Zn.Sn^3.$	$Zn.Sn^4.$	$Zn.Sn^6.$	$Zn.Sn^{12}.$
340°						
330 (1)	16″	13″ +	13″ —			
320	1′ 16	15	13 +	13″	14″	12″ +
310	50	16 +	15	13	14	14 —
300	48	17	17	15	14 +	15
290	47	20 —	18	16	17	16
280	48	1′ 1	22 —	18	18 —	17 +
270	46	49	21	22 —	18 +	20 —
260	45	49	22	20	20	19 +
250	47 —	50	58	22	24 —	22 —
240	47	51	51 2+	25	26	23 +
230	50	52	52 —	48	26 +	24 +
220	50 +	53	52 +	5:	28	27 —
210	54 —	54	55	52	30	4′ 41
200 (2)	9′ 11	11′ 48	12′ 40	12′ 39	15′ 1[illegible]	8 8
190	1 32	1 9	53	50	49	41
180	54	47	50	44	48 +	40 +
170	52	48 —	49	46 —	49	43 —
160	54	50 —	50 —	48	51	45
150	1′ 0	55	54	55	59	51
140	1 4	58 +	59	57 +	1′ 2	53 +

(1) Le zinc se liquéfie à une température beaucoup plus haute que celle de l'ébullition du mercure.

(2) *Point fixe* à 204°.

N° II. *Temps de refroidissement pour chaque dix degrés avec les alliages d'étain et de bismuth.*

Degrés du thermomètre.	Sn⁴.Bi.	Sn².Bi.	Sn³.Bi².	Sn.Bi.	Sn².Bi³.	Sn.Bi².
340°						
330	9″,5					10″ +
320	11 —	11″ —		11″ +		11 —
310	12	11 5 +	11″ +	12		12
300	14 —	12 5	12	14 —		13 +
290	14 +	15 —	14 5	15 +		15 —
280	17 —	15 5	15 5	16	16″	16
270	18	16 5	16	17 +	18 —	16 5
260 (1)	18 5	18 —	18 —	18 5	18	17 5
250	20 5	19 5	19 +	19 5	21	20 —
240	22 —	21 5 —	20	20 5	21	20 5 +
230	23 +	22 +	22	22 5 —	22 +	22 5
220	25 —	24	24 —	24 5	25 —	24
210	28	26	25 5	26 5	25 +	27
200	29 +	28	27 5	28 +	29	28 +
190	2′ 48	32 +	31	32 —	31	2′ 19
180	2 38	33 —	33 —	34 —	35	2 17
170	2 18	37	35	36	2′ 20	2 5
160	1 57	1′ 55	39	40	2 18	1 50
150	1 50	2 37	44 —	1′ 19	2 11	1 47
140 (2)	7 2	13 30	18′ 8	19 4	12 47	10 40
130	1 11 5	59	1 3	1 14	2 14	1 41
120	1 10 5	1′ 17 +	1 6	1 5		1 0

(1) Le bismuth se solidifie à 264°.

(2) *Point fixe* à 143°.

N° III. *Temps de refroidissement pour chaque dix degrés avec les alliages de zinc et d'étain.*

Degrés du thermomètre.	Zn.Sn.	Zn.Sn².	Zn.Sn³.	Zn.Sn⁴.	Zn.Sn⁶.	Zn.Sn¹².
340°						
330 (1)	16″	13″ +	13″ —			
320	1′ 16	15	13 +	13″	14″	12″ +
310	50	16 +	15	13	14	14 —
300	48	17	17	15	14 +	15
290	47	20 —	18	16	17	16
280	48	1′ 1	22 —	18	18 —	17 +
270	46	49	21	22 —	18 +	20 —
260	45	49	22	20	20	19 +
250	47 —	50	88	22	24 —	22 —
240	47	51	51 +	25	26	23 +
230	50	52	52 —	48	26 +	24 +
220	50 +	53	52 +	51	28	27 —
210	54 —	54	55	52	30	4′ 41
200 (2)	9′ 11	11′ 45	12′ 40	12′ 39	15′ 1[illegible]	8 8
190	1 32	1 9	53	50	49	41
180	54	47	50	44	48 +	40 +
170	52	48 —	49	46 —	49	43 —
160	54	50 —	50 —	48	51	45
150	1′ 0	55	54	55	59	51
140	1 4	58 +	59	57 +	1′ 2	53 +

(1) Le zinc se liquéfie à une température beaucoup plus haute que celle de l'ébullition du mercure.

(2) *Point fixe* à 204°.

RAPPORT *sur un nouveau Producteur de vapeur inventé par M. Armand Séguier.*

Les immenses avantages que l'industrie retire journellement de l'emploi de la vapeur, soit comme force motrice, soit comme véhicule de chaleur, expliquent assez l'empressement avec lequel les physiciens et les artistes se livrent de toutes parts à l'examen des questions qui intéressent un sujet si fécond en applications utiles. Toutefois le mécanisme des appareils est depuis long-temps arrivé à un degré de perfection tel que la plupart des recherches nouvelles n'ont d'autre but que d'obtenir le même résultat avec une moindre quantité de combustible. Il y aurait cependant un autre genre de perfectionnement plus désirable encore; ce serait de rendre impossibles les explosions des chaudières, ou, du moins, d'en écarter les dangers : car aucune des combinaisons généralement employées jusqu'ici ne met complètement à l'abri des accidens désastreux qui peuvent en résulter. Les événemens malheureux survenus depuis la publication des ordonnances actuellement en vigueur, malgré le contrôle exercé par l'administration, malgré les moyens mis en usage pour prévenir les effets de l'imprudence ou de l'incurie, doivent engager les physiciens à imaginer de nouveaux appareils propres à donner plus de sécurité.

Obtenir de la vapeur un certain effet avec la plus petite dépense de combustible; éviter les explosions ou en atténuer les dangers au point de n'avoir plus à les

redouter, tels sont les deux problèmes dont l'industrie réclame la solution. Telles sont aussi les questions qui font l'objet des recherches expérimentales entreprises par M. Séguier, et que vous avez renvoyées à l'examen d'une commission composée de MM. de Prony, Arago, Cordier et moi.

Le but bien déterminé que M. Séguier s'est proposé d'atteindre est la construction d'un appareil propre à engendrer la vapeur nécessaire pour un service quelconque, et qui ait, sur ceux que l'on emploie généralement, le double avantage d'exiger une moindre dépense de combustible, et d'offrir, contre les effets des explosions, des garanties telles que l'on n'ait plus rien à craindre.

Pour faire mieux apprécier les conditions que l'on doit chercher à remplir, et celles qu'il faut éviter, M. Séguier passe en revue les causes reconnues ou probables des explosions sur lesquelles on a recueilli des témoignages authentiques. L'adhérenee ou la surcharge des soupapes de sûreté; l'accumulation du sédiment formé par les sels que les eaux contiennent toujours en dissolution; la déformation et l'écrasement des foyers intérieurs; le défaut d'alimentation ou l'abaissement du niveau de l'eau, et par suite la haute température des parois supérieures des chaudières; toutes ces conditions ont déjà été signalées et discutées dans divers ouvrages, et principalement dans une dissertation très-étendue publiée par l'un de nous (M. Arago) dans l'Annuaire du Bureau des longitudes pour 1830.

Parmi toutes ces causes, il en est une que l'auteur regarde comme une des plus fréquentes, et que M. Per-

kins a le premier fait connaître ; c'est l'abaissement du niveau de l'eau et l'échauffement des parois supérieures des chaudières. L'explication que M. Séguier donne du mécanisme de cette cause est à peu près la même que celle qui a été proposée par le célèbre ingénieur anglais ; comme elle nous paraît en opposition avec des lois bien constatées, nous demandons à l'Académie la permission d'entrer, à ce sujet, dans quelques détails.

C'est un fait attesté par des témoignages trop multipliés pour que l'on puisse le révoquer en doute, qu'un grand nombre d'explosions ont été précédées de l'*abaissement* du niveau de l'eau dans la chaudière et de l'affaiblissement du ressort de la vapeur, soit que cette dernière circonstance résulte du premier fait ou de l'ouverture des soupapes de sûreté. M. Perkins a remarqué que dans ce cas la vapeur peut acquérir une température de 5 ou 600°, lorsque l'eau liquide n'est encore qu'à 100 et quelques degrés. Il rapporte même une expérience directe dans laquelle il a produit une différence énorme de température entre l'eau et la partie supérieure de la chaudière, en fesant monter la flamme du foyer au-dessus du niveau de l'eau. On conçoit, en effet, que si les parties supérieures des parois latérales de la chaudière sont frappées en dehors par la flamme, sans être intérieurement en contact avec l'eau, ce qui aura toujours lieu pour les chaudières ordinaires lorsque le niveau se sera abaissé, leur température pourra s'élever jusqu'au rouge et se communiquer au fond supérieur par l'intermédiaire de la vapeur. Les choses étant dans cet état, voici, selon MM. Perkins et Séguier, de quelle manière l'explosion serait produite. Supposons que le

service ordinaire de la machine, ou l'ouverture accidentelle d'une soupape de sûreté, amène l'évacuation d'une petite fraction de la vapeur contenue dans le réservoir, la diminution momentanée de pression qui en sera la suite déterminera le bouillonnement du liquide subjacent; de petits globules d'eau seront lancés dans toutes les directions à travers la masse de vapeur qui, en leur cédant une partie de la chaleur qu'elle contient en excès, les fera passer à l'état de gaz; ce nouveau ressort ajouté subitement à la force expansive que possède encore la vapeur préexistante, pourra devenir suffisant pour rompre l'enveloppe dont la résistance est d'ailleurs affaiblie par l'élévation de la température. Voyons si cette ingénieuse explication est conforme aux principes de la théorie de la chaleur. Puisque l'eau liquide est moins chaude que la vapeur qui prend facilement la température des parois latérales, ce qui la communique seulement à la voûte de la chaudière, l'élasticité de cette vapeur ne peut jamais excéder la tension de l'eau correspondant à la température que celle-ci possède. L'excès de température de la vapeur ne peut donc que diminuer sa densité; une partie se liquéfie, et celle qui résiste à la condensation est exactement dans la même condition qu'un gaz soumis à une pression constante qui se dilate proportionnellement à l'élévation de sa température. Admettons, par exemple, que l'eau soit à 144°, ce qui correspond à une tension de 4 atmosphères, et que la vapeur soit à 500°, son élasticité sera toujours de 4 atmosphères; mais sa densité sera tout près de deux fois plus petite que celle de la vapeur à 144°. Maintenant qu'une certaine quantité d'eau à 144° soit subitement

disséminée dans la masse de vapeur, l'excès de température de celle-ci diminuera, puisqu'elle cédera une partie de sa chaleur à l'eau moins chaude ; la diminution absolue d'élasticité qui s'en suivra dépendra évidemment du rapport entre la masse de vapeur et celle de l'eau projetée. Nous supposerons que le liquide soit en quantité suffisante pour que la vapeur nouvellement formée absorbe tout l'excès de température de la première. Pour calculer l'élasticité du mélange, il faut connaître la chaleur spécifique de la vapeur d'eau dans les conditions de l'expérience. Cet élément a été jusqu'ici fort mal déterminé. Des recherches qui ne sont point encore achevées porteraient ce coefficient à $\frac{1}{3}$ environ, la capacité de l'eau liquide à poids égal étant prise pour unité. Ce nombre se rapporte à la vapeur d'eau qui aurait 0m,76 de force élastique à 0° de température, et dont le volume serait invariable; il deviendrait à peu près $\frac{1}{2}$ si la pression était constante, les autres conditions restant les mêmes. Dans l'expérience dont il s'agit, sa valeur serait plus diminuée par l'accroissement de densité de la vapeur qu'elle ne serait augmentée par l'élévation de la température. En prenant $\frac{1}{2}$ pour la chaleur spécifique de la vapeur d'eau à 4 atmosphères d'élasticité et à la température de 500°, on peut donc être certain de ne commettre qu'une erreur favorable à l'explication qu'il s'agit de vérifier. Il est facile de voir que dans l'hypothèse précédente la quantité d'eau vaporisée aux dépens de la chaleur cédée par la vapeur serait les 0,356 du poids de cette vapeur. La température étant ainsi restituée à 144°, la force élastique de la vapeur préexistante serait réduite aux 0,54 de ce qu'elle

était ; en y ajoutant 0,192 (1) pour l'effet dû à la nouvelle vapeur, on trouve 0,732 pour l'élasticité totale, c'est-à-dire, une force élastique inférieure aux $\frac{3}{4}$ de sa valeur primitive. Il y aurait donc un affaiblissement

---

(1) Soient p le poids de l'eau liquide nécessaire pour absorber, en se volatilisant, tout l'excès de température de la vapeur préexistante, le poids de cette vapeur contenue dans le réservoir étant pris pour unité ; T la température de la vapeur ; t celle de l'eau de la chaudière ; c la chaleur spécifique de la vapeur, celle de l'eau étant 1 ; enfin l la chaleur latente de la vapeur, on aura évidemment $c\,(T - t) = pl$, ou $p = c\,\frac{(T-t)}{l}$ pour le poids de la vapeur formée aux dépens de la chaleur de celle qui était déjà dans le réservoir. L'élasticité de celle-ci sera réduite à la fraction $\frac{267 + t}{267 + T}$ en passant de la température T à t° ; la tension de l'eau à t°, ou ce qui est la même chose, l'élasticité de la vapeur avant l'affusion de l'eau étant prise pour unité.

Pour avoir l'élasticité totale, il faut ajouter à la fraction précédente l'élasticité de la nouvelle vapeur. On la déterminera facilement en remarquant que cette vapeur étant à la même température que la première et répandue dans le même espace, les forces élastiques de ces deux masses doivent être entre elles comme leur poids. On pourra donc poser la proportion : le poids 1 de la première quantité de vapeur est à $c\,\frac{(T-t)}{l}$, poids de la deuxième, comme $\frac{267 + t}{267 + T}$, élasticité de la première, est à $\left(\frac{267 + t}{267 + T}\right)$

subit de plus d'une atmosphère dans l'élasticité intérieure. En général, la diminution du ressort de la vapeur préexistante ne sera jamais compensée par l'élasticité de la nouvelle vapeur formée aux dépens de la première. Ainsi, dans les circonstances signalées par MM. Perkins et Séguier, au lieu d'un accroissement de force élastique, comme ils l'admettent, c'est une diminution subite qui doit se manifester. L'effet immédiat de cette diminution doit être le soulèvement de la masse liquide et sa projection contre les parois supérieures de la chaudière qui se trouvent d'ailleurs placées par la variation brusque et opposée du ressort intérieur dans les con-

---

$\left(c\,\frac{(T-t)}{e}\right)$, élasticité de la deuxième. L'élasticité totale e sera donc égale à $c = \left(\frac{267+t}{267+T}\right)\left(1+c\,\frac{(T-t)}{l}\right)$ si $T = 500°$, $t = 144°$, $c = \frac{1}{2}$, $l = 500$, on trouve $e = 0,732$ de 4 atmosphères; t restant constant si T prend les valeurs suivantes, on voit par le tableau ci-joint ce que devient l'élasticité finale.

VALEUR DE T.	VALEUR DE e.
2000	0,514
1500	0,551
1000	0,601
700	0,661
600	0,690
500	0,732
400	0,773
300	0,838
200	0,929

ditions les plus favorables pour une rupture. Il est très-probable que le contact de l'eau avec les parois supérieures de la chaudière donne naissance à une quantité de vapeur qui augmente encore l'effet dont il s'agit; mais la projection de l'eau occasionée par la volatilisation subite d'une partie de ce liquide aux dépens de sa chaleur propre et de celle des parois inférieures, nous paraîtrait déjà une cause suffisante d'explosion. On a déjà indiqué le soulèvement de la masse liquide comme une cause de rupture des chaudières; mais nous ferons remarquer que sans le concours des circonstances que nous venons d'analyser, l'ouverture des soupapes de sûreté ou la formation d'une fissure dans les parois de la chaudière ne pourraient pas occasioner une diminution assez brusque d'élasticité pour donner lieu à une projection explosive du liquide. La perte d'une certaine quantité de vapeur ne devient dangereuse que lorsque le liquide possède une température notablement inférieure à celle de la vapeur, parce que c'est seulement alors que se développe la série de phénomènes que nous venons d'exposer. Si les choses se passent comme nous venons de le dire, on voit que les plaques minces de cuivre, proposées comme moyen de sûreté, ne sauraient être d'aucune efficacité contre les explosions de la nature de celles dont il vient d'être question.

Si les plaques fusibles que les règlemens obligent d'appliquer aux chaudières étaient toujours bien conditionnées, on éviterait sans doute la cause première de ces accidens, l'échauffement excessif des parois au-dessus de la surface du liquide; mais on ne peut se dissimuler que le terme de fusion des plaques, déterminé

par les ordonnances, laissant très-peu de latitude au ressort de la vapeur, les conducteurs de machines ont trop d'intérêt à suspendre ou à détruire l'effet de ces moyens pour que, dans un grand nombre de circonstances, leur emploi ne devienne pas illusoire.

M. Séguier propose, il est vrai, une manière de remédier au grave inconvénient qui résulterait, surtout pour un bateau à vapeur, de la fusion des rondelles métalliques au moment où l'inaction de la machine deviendrait une cause certaine de naufrage : ce serait d'adapter la plaque à l'orifice d'un robinet que l'on pourrait fermer lorsque celle-ci, par sa fusion, livrerait passage à la vapeur. Cette idée serait excellente, si l'on pouvait se fier entièrement à la prudence et à la sollicitude des conducteurs; mais c'est précisément pour la garantie de la négligence et de la témérité que l'on avait eu recours à un procédé entièrement indépendant de la volonté des surveillans. Il serait bien préférable de recourir au moyen que propose en dernier lieu M. Séguier, et qui consisterait à établir un mécanisme simple à l'aide duquel une petite fuite de vapeur, dans un lieu très-apparent, serait déterminée par l'abaissement du niveau au-dessous d'un certain terme. Le bruit et l'incommodité de ce jet de vapeur appelleraient l'attention du chauffeur sur les pompes alimentaires, qui devraient, d'ailleurs, être construites de manière que l'état des clapets pût à l'instant être vérifié.

Après avoir passé en revue tous les dangers inhérens à l'emploi des grandes chaudières, M. Séguier expose les qualités les plus désirables dans un appareil destiné à fournir la vapeur nécessaire pour un certain

travail, en posant toujours comme conditions indispensables la sécurité et l'économie du combustible. Nous ne suivrons pas l'auteur dans tous les détails où il est entré sur la forme des vases, leur diamètre, l'inclinaison de leurs parois, soit pour s'opposer à la formation du dépôt, soit pour que la flamme vienne les frapper à angle droit. Nous chercherons, tout de suite, à donner une idée de la disposition à laquelle il s'est arrêté.

Le liquide est renfermé dans des tuyaux cylindriques de cuivre rouge de 5 centimètres de diamètre et de 1 mètre de longueur formant trois (1) systèmes. Ceux du premier système sont rangés parallèlement entr'eux à une petite distance l'un de l'autre, dans un plan incliné de 30° à l'horizon. Ceux du second système sont disposés de la même manière au-dessous du premier dans un plan incliné en sens contraire. Enfin le troisième système, tout pareil aux deux autres, est contenu dans un plan parallèle à celui du premier. Des pièces de fonte creuses établissent une communication entre les cylindres de même numéro dans les trois systèmes, de sorte que, dans un même plan vertical, sont compris trois tuyaux assemblés comme les traits d'un Z. Les extrémités supérieures et inférieures aboutissent à deux réservoirs cylindriques d'un plus grand diamètre et situés transversalement, celui d'en haut pour recevoir la vapeur et celui d'en bas pour fournir l'eau d'alimentation. Le foyer est situé sous la rangée supérieure, et, par des

---

(1) M. Séguier a reconnu depuis qu'il y aurait de l'avantage à en mettre un quatrième.

obstacles convenablement distribués sur leur trajet, la flamme et l'air chaud sont obligés de passer entre les tuyaux de la deuxième et de la troisième rangée pour se rendre dans la cheminée. Le chauffage se fait donc en grande partie à flamme renversée. C'est cette idée qui constitue le mérite principal du producteur de vapeur imaginé par M. Séguier; car on avait déjà proposé et employé, depuis plusieurs années, un système de tuyaux *inclinés et parallèles entre eux*, pour remplacer les chaudières des machines à haute pression. Nous devons dire, cependant, que, même en faisant abstraction de la différence capitale que nous venons de faire remarquer, l'appareil de M. Séguier aurait encore sur celui de Kean plus d'un genre de supériorité. Ainsi, par exemple, les bases de chaque cylindre sont liées solidement ensemble par une barre de fer placée dans la direction de l'axe, de manière que l'explosion ne pourrait se faire que par les surfaces convexes et dans un seul cylindre à la fois, condition qui doit rendre le danger à peu près nul. Ensuite, la facilité avec laquelle un tuyau peut être remplacé, sans être obligé de déranger les autres pièces, abrégerait beaucoup les intermittences du travail nécessitées par les réparations, ce qui, dans beaucoup de cas, peut devenir d'une grande importance. Enfin les pièces qui unissent les tuyaux compris dans un même plan vertical étant indépendantes l'une de l'autre, l'appareil n'est pas exposé à des tiraillemens destructeurs par les différences de dilatation provenant de l'inégale distribution de la chaleur.

Il est facile d'apercevoir les avantages qui doivent

résulter du chauffage à flamme renversée sous le rapport de la séeurité; car la partie inférieure de toutes les colonnes d'eau étant beaucoup moins chaude que tout le reste, la masse liquide ne pourrait plus être lancée dans le réservoir de vapeur, lors même que les conditions d'explosion précédemment exposées viendraient à se réaliser.

Sous le rapport de l'économie du combustible, la supériorité de ce procédé n'est pas moins facile à saisir. Pour s'en assurer, il suffit de remarquer que la flamme et les courans d'air chaud qui ont traversé le foyer passent successivement sur des parois de moins en moins chaudes, à mesure qu'ils sont eux-mêmes parvenus à une température moins élevée, en sorte que l'on pourrait dépouiller les produits gazeux de la combustion de tout leur excès de température sur l'air extérieur, s'il ne fallait leur en laisser une partie pour déterminer le tirage du fourneau. Mais ce n'est pas seulement par cette raison que le chauffage à flamme renversée est plus économique que le procédé ordinaire; on comprend aisément que dans ce mode de chauffage la flamme ne touchant habituellement que les surfaces les plus chaudes de l'appareil, la combustion du gaz doit se faire plus complètement. Aussi, le fourneau donne-t-il beaucoup moins de fumée qu'à l'ordinaire, avantage très-précieux dans un grand nombre de circonstances.

Ce que nous venons de dire de l'économie procurée par le procédé de M. Séguier, se trouve confirmé par des expériences faites sous nos yeux. Un kilogramme de charbon de terre de moyenne qualité a suffi pour vaporiser de 7 à 8 kilogrammes d'eau; résultat supérieur, au

moins de $\frac{1}{7}$, à ce que l'on a obtenu jusqu'ici des meilleures constructions.

Suivant l'auteur, ce serait non-seulement au renversement de la flamme, mais à sa direction perpendiculaire aux parois des tuyaux que l'on devrait attribuer la supériorité de son procédé de chauffage. Nous pensons aussi que cette condition est la plus avantageuse pour obtenir l'introduction dans la chaudière de la plus grande quantité de chaleur ; mais nous croyons que cela tient tout simplement à ce que la flamme étant alors forcée de changer brusquement de direction, se met plus complètement et reste plus long-temps en contact avec les surfaces métalliques que lorsqu'elle les rencontre plus obliquement.

Toutes les inductions théoriques sont donc favorables à cette nouvelle construction qui semble plus spécialement propre à la navigation.

Quand il s'agit de prononcer d'après les seules lumières de la théorie sur le mérite des procédés applicables aux arts, on ne saurait être trop réservé ; cependant nous croyons que la probabilité du succès est assez forte pour que le gouvernement doive se décider à faire quelques expériences sur ce nouveau système dans les bâtimens à vapeur qu'il se propose de faire construire. M. Séguier, qui s'est assuré par un brevet la propriété de son invention, déclare que non-seulement il n'exigerait aucune indemnité de l'État, mais qu'il s'engagerait même à diriger la construction des machines si son producteur de vapeur était adopté pour les bâtimens de la marine.

Vos commissaires pensent que l'Académie doit re-

mercier M. Séguier de la communication qu'il lui a faite de son important travail, qu'elle doit l'engager à poursuivre des recherches qui promettent des résultats d'un si haut intérêt pour les arts et l'humanité, et lui donner un témoignage du prix qu'elle attache à son invention, en décidant que son mémoire sera inséré dans le récueil des savans étrangers.

De Prony, F. Arago, L. Cordier;
Dulong, *rapporteur*.

Lettre *sur une Propriété nouvelle de la Chaleur solaire, adressée à* M. Arago *par* M. Melloni, *réfugié italien.*

Monsieur,

Les recherches que j'ai entreprises depuis quelque temps sur le passage de la chaleur rayonnante à travers les milieux diaphanes m'ont conduit à des résultats assez curieux. J'ai mis d'abord en évidence un fait remarquable, que nous avons eu l'honneur de répéter devant vous à l'Observatoire, M. Nobili et moi, c'est-à-dire que *la transparence n'est pas la seule qualité que doit avoir un corps pour livrer passage aux rayons calorifiques*. Il y a un autre élément dont l'influence est encore plus forte : cet élément, je crois l'avoir trouvé, du moins pour les liquides, *c'est le pouvoir réfringent*. J'ai comparé entre eux une vingtaine de liquides, et je les ai disposés dans l'ordre de leur perméabilité aux

rayons de chaleur ; *cet ordre ne change point, quelle que soit la température de la source rayonnante.* Le chlorure de soufre (liquide le moins diaphane de ceux que j'ai soumis à l'expérience, et qui cependant est le plus *diathermane*), le chlorure de soufre, comparé avec l'huile d'olive et l'eau, se conserve toujours en tête de l'échelle, comme l'eau se maintient constamment au dernier rang, soit que l'on expose ces trois liquides à la flamme d'une chandelle ou à l'action d'une lampe d'Argant, ou enfin à l'influence des rayons solaires. Cependant *les différences de perméabilité sont d'autant moindres que la température de la source est plus élevée.* Mais je n'entrerai dans aucun détail sur les expériences d'où résultent ces différentes lois, car elles formeront l'objet d'un Mémoire que j'aurai l'honneur de présenter bientôt à l'Académie. Le but de cette lettre est de vous communiquer une découverte que je viens de faire dans ces derniers jours de beau temps, et qui me semble mériter toute l'attention des physiciens.

Herschel, Englefield, M. Bérard, et dernièrement M. Seebeck, ont étudié avec beaucoup de soin la distribution de la chaleur dans le spectre solaire. Tous ces expérimentateurs sont d'accord sur les trois points suivans : 1° que la chaleur commence à se montrer dans les rayons violets, et non dans l'espace obscur qui le précède ; 2° que la température s'augmente graduellement jusqu'à une certaine bande placée vers les rayons rouges ; 3° qu'en partant de cette bande, et en s'avançant dans l'espace obscur qui suit les rayons rouges, on trouve encore de la chaleur très-sensible, qui diminue successivement et s'éteint tout-à-fait à une certaine dis-

tance. Quant à la position exacte de la bande où a lieu le *maximum* de chaleur, les opinions sont partagées. Herschel et Englefield la placent dans l'espace obscur, tout près du rouge; M. Bérard et d'autres physiciens, dans le rouge même. Les belles expériences de M. Seebeck montrent que toutes ces opinions sont exactes, car la place qu'occupe le *maximum* de chaleur change avec la nature de la substance dont est composé le prisme. La plus grande chaleur a lieu dans l'espace obscur quand le prisme est de flint; elle passe dans le rouge si on emploie un prisme de crown; elle se fixe enfin tout près du jaune en se servant d'un prisme d'eau. Laissons de côté ces changemens de position, dont je m'occuperai tout à l'heure, et prenons le spectre donné par un prisme de crown.

Pour fixer les idées, supposons les arêtes du prisme horizontales, l'angle réfringent tourné vers le haut, et, à une certaine distance, un plan perpendiculaire à la direction moyenne des rayons réfractés pour recevoir le spectre. Nous aurons le *maximum* dans le rouge, les couleurs du spectre à la partie supérieure, et l'espace calorifique obscur à la partie inférieure.

Comme les températures décroissent régulièrement des deux côtés du rouge, il est clair qu'en partant de cette ligne de la plus grande chaleur, et en descendant, on rencontrera d'abord dans l'espace obscur inférieur une ligne horizontale dont la température sera égale à celle de l'orangé, première couleur supérieure au rouge; puis une seconde ligne où la température sera égale au degré de chaleur qui domine dans la bande jaune, placée au-dessus de l'orangé, et ainsi de suite; en sorte que

l'on pourra déterminer dans l'espace inférieur, six lignes ou bandes *isothermes* avec les six couleurs supérieures au rouge. Sur chaque couple correspondant, c'est-à-dire sur une bande colorée et son isotherme dans l'espace obscur, frappent des rayons semblables, égaux, puisqu'on leur trouve précisément la même énergie en les mesurant avec tous les moyens thermométriques connus jusqu'à ce jour. Cependant *ces rayons si ressemblans ont des propriétés différentes.*

Je prends un vase métallique plein d'eau, et terminé inférieurement par un châssis saillant de deux lignes environ d'épaisseur, dont les deux grandes ouvertures latérales sont bouchées par des verres pleins très-minces et très-diaphanes. J'ai ainsi une lame d'eau d'une ligne d'épaisseur à peu près. La pureté de l'eau et du verre, la forme plane des surfaces, et le parallélisme des couches, empêchent les altérations des rayons lumineux; de manière qu'en regardant les objets à travers le châssis, on les voit dans les mêmes rapports de position, de clarté et de teintes. La direction du châssis relativement au vase est telle, qu'en le fixant tout près du prisme, on peut intercepter les rayons réfractés dans un sens normal à leur direction moyenne.

Cela posé, voici ce que l'on observe. Si, après avoir noté la température des rayons violets avec un bon thermoscope pour rendre l'effet plus sensible (dans mes expériences je me sers d'un thermo-multiplicateur dont la pile est composée d'une vingtaine d'élémens disposés en ligne droite, de manière que je recueille toute la chaleur répandue sur chaque bande calorifique du spectre, et j'obtiens dans le galvanomètre une déviation de plu-

sieurs degrés à la distance d'un mètre, même pour le violet qui possède une température vingt à trente fois moindre que le rouge); si, après avoir noté la température des rayons violets, on répète la même opération quand les rayons ont traversé l'eau, on trouve sensiblement le même résultat. *Les rayons de chaleur qui dominent sur le violet passent donc sans souffrir aucune perte.* Mais si l'on prend la bande isotherme du violet, le thermoscope, lors de l'interposition de la couche liquide, n'indique plus aucune élévation de température sur celle du milieu ambiant. *Tous les rayons calorifiques de la bande isotherme du violet sont donc arrêtés par l'eau.* Prenons maintenant la bande indigo et son isotherme. On trouvera encore que les rayons de la bande colorée traversent le liquide, mais *pas en totalité*, car le thermoscope, après l'interposition du châssis, indique une température un peu inférieure à la première. D'un autre côté, en expérimentant sur la bande isotherme correspondante, on s'apercevra que *tous ses rayons ne sont pas arrêtés complètement*, comme dans le cas précédent, mais qu'une petite quantité se fraye un passage à travers l'eau. Ces phénomènes se répètent encore sur le bleu, le vert, le jaune, l'orangé et leurs bandes isothermes. Cependant *les portions de chaleur qui sont arrêtées dans le cas des bandes colorées, et celles qui traversent dans le cas des bandes obscures, vont en croissant proportionnellement à chaque température particulière des couples, à mesure que leurs distances au maximum deviennent moindres.* Arrivés au rouge, on trouve que ses rayons calorifiques, en traversant la couche d'eau, subissent une diminution *pro-*

portionnellement plus grande que celle de toute autre zône colorée.

On peut énoncer ces faits d'une autre manière, qui a sur la précédente l'avantage de ne point exiger la connaissance précise du lieu où est placé le *maximum*. En effet, d'après ce que je viens de dire, les portions de chaleur appartenant aux bandes obscures qui peuvent passer à travers l'eau augmentent en approchant de la partie supérieure ; elles diminueront donc en descendant, précisément comme les rayons calorifiques des bandes colorées : le *maximum* lui-même est soumis à cette loi de décroissement descendant, car sa perte est plus forte que celle de l'orangé, et plus faible que celle de la zône obscure qui le suit immédiatement. Ainsi en partant de l'extrémité la plus élevée du spectre calorifique où se portent les rayons les plus réfrangibles, on rencontre en descendant dans les bandes successives, colorées ou obscures, des rayons de chaleur qui ont la propriété d'être arrêtés par l'eau en quantité croissante, proportionnellement à leur intensité, à mesure que l'on s'approche davantage de la limite inférieure : ou, en d'autres termes, *les rayons du spectre calorifique solaire en traversant l'eau souffrent une perte d'autant plus grande que leur réfrangibilité est moindre ;* les premiers rayons passent en grande abondance ; les derniers sont presque totalement arrêtés.

Au reste, je vais vous présenter, Monsieur, les observations et les pertes calculées par centièmes dans le tableau qui suit :

BANDES du SPECTRE CALORIFIQUE solaire.	TEMPÉRATURES ou degrés DU THERMO-MULTIPLICATEUR		DIFFÉRENCES.	Pertes en centièmes des températures initiales.
	Avant l'interposition du châssis.	Après.		
Violet	2	2	0	0,00
Indigo	5	4,5	0,5	0,10
Bleu	9	8	1	0,11
Vert	12	10	2	0,17
Jaune	25	20	5	0,20
Orangé	29	21	8	0,27
Rouge	32	20	12	0,37
1re bande obscure	29	14	15	0,52
2e —	25	9	16	0,64
3e —	12	3	9	0,75
4e —	9	1	8	0,88
5e —	5	0,5	4,5	0,90
6e —	2	0	2	1,00

Pour avoir les pertes rapportées aux températures initiales, j'ai divisé chaque numéro de la troisième colonne, ou la différence des quantités correspondantes dans les deux premières par la quantité primitive. En opérant de la sorte on n'obtient pas un résultat exact, car on sait que dans le thermo-multiplicateur les températures qui produisent les forces de déviation augmentent plus vite que les degrés : 1° à cause de la tendance du globe à ramener les aiguilles aimantées dans leur position naturelle d'équilibre, tendance qui croît avec l'angle d'écartement; 2° à cause de la diminution d'action des courans thermo-électriques sur les mêmes aiguilles à mesure qu'elles s'éloignent de la ligne mitoyenne. Cependant pour de petites déviations comme celles de mes expériences, la proportion des degrés aux forces ne s'éloigne pas beaucoup de la vérité.

D'ailleurs il est facile de se convaincre que dans la supposition même d'une différence très-sensible pour les arcs de 20 et de 30 degrés, la nature de la progression croissante des pertes n'est point altérée.

En effet, admettons qu'un degré de déviation de l'index soit causé par une unité de chaleur dans l'arc des 15 premiers degrés seulement; que, pour avoir la même déviation dans l'arc compris entre 15° et 25°, il faille deux unités de chaleur; qu'à ce même effet, trois unités soient nécessaires dans l'arc qui embrasse les cinq degrés compris en 25° et 30° (1). Si l'on calcule au moyen de ces suppositions les températures des rayons avant et après le passage à travers le liquide, leurs différences et leurs pertes, on obtient les résultats suivans :

BANDES du SPECTRE CALORIFIQUE.	TEMPÉRATURES		DIFFÉRENCES.	Pertes en centièmes des températures initiales.
	Avant l'interposition du châssis.	Après.		
Violet	2	2	0	0,00
Indigo	5	4,5	0,5	0,10
Bleu	9	8	1	0,11
Vert	12	10	2	0,17
Jaune	35	25	10	0,28
Orangé	47	27	20	0,42
Rouge	58	25	33	0,57
1re bande obscure	47	14	33	0,70
2e —	35	9	26	0,74
3e —	12	3	9	0,75
4e —	9	1	8	0,88
5e —	5	0,5	4,5	0,90
6e —	2	0	2	1,00

(1) Et quatre unités dans l'arc qui contient les deux degrés compris entre 30° et 32°.

On voit par ce tableau que les pertes diffèrent bien un peu des précédentes dans les plus fortes déviations, mais elles sont toujours *croissantes* du violet à la dernière bande obscure, ce qui suffit pour justifier l'énoncé de la proposition, c'est-à-dire que les rayons du spectre calorifique, en traversant l'eau, souffrent une perte qui augmente à mesure que leur réfrangibilité diminue, au point que les rayons plus réfrangibles passent en totalité, et que les moins réfrangibles sont entièrement arrêtés par le liquide.

Les résultats obtenus par M. Seebeck confirment cette loi d'une manière frappante pour les dernières bandes de la partie lumineuse du spectre. Ce physicien a trouvé, comme je l'ai dit plus haut, que le *maximum* de chaleur passait du rouge au jaune lorsqu'on se servait d'un prisme d'eau. Donc les rayons calorifiques du rouge et de l'orangé qui existaient dans le faisceau solaire avant son introduction dans le prisme liquide, subissent une diminution proportionnellement plus grande que celle du jaune ; car il est bien évident que si les pertes étaient seulement proportionnelles à l'intensité de chaque rayon de chaleur, les rapports mutuels des températures dominantes sur chaque couleur, seraient inaltérables, et le *maximum* ne changerait pas de place.

Permettez-moi, Monsieur, deux dernières observations.

Les rayons lumineux du prisme diffèrent en trois points, savoir : la *réfrangibilité*, la *clarté* ou l'*intensité* et la *couleur*. Deux de ces caractères distinctifs, la réfrangibilité et l'intensité, se trouvent aussi dans les rayons calorifiques solaires et étaient connus depuis

long-temps. La nouvelle propriété que je viens de vous annoncer me semble constituer, en quelque sorte, pour le calorique, ce que la couleur est par rapport à la lumière.

Cette propriété conduit à une conséquence très-importante pour la théorie : les rayons lumineux qui forment les couleurs prismatiques traversent l'eau et les milieux diaphanes sans altérer sensiblement leurs rapports mutuels d'intensité. Il n'en est point ainsi dans les rayons calorifiques qui les accompagnent. Donc le calorique et la lumière proviennent de deux agens distincts, ou du moins, si le calorique et la lumière sont produits par le même agent, ils ne peuvent résulter que de deux modifications *essentiellement distinctes* dans sa manière d'être.

Je suis, etc.

Dôle, ce 5 mars 1822.

Table explicative du spectre calorifique donné par un prisme de crown-glass, dont l'angle réfringent est tourné vers le haut ; ou *Distribution des températures* dans l'espace occupé par ce spectre lorsque ses rayons tombent sur un plan vertical.

Violet..........	la plus faible température.
Indigo, Bleu, Vert, Jaune, Orangé	températures croissantes en descendant.
Rouge..........	le *maximum* de chaleur.
1re bande obscure.	isotherme de l'orangé.

2e	—	isotherme du jaune.
3e	—	isotherme du vert.
4e	—	isotherme du bleu.
5e	—	isotherme de l'indigo.
6e	—	isotherme du violet.

Sur *la transformation de l'Acide hydrocyanique et des Cyanures en ammoniaque et en acide formique;*

Par M. J. Pelouze,

Répétiteur à l'École polytechnique.

Frappé de l'identité parfaite de composition que le calcul indique dans le formiate d'ammoniaque et l'acide hydrocyanique supposé dissous dans 3 atomes d'eau, et de la formation d'hydrochlorate et de sulfate d'ammoniaque observée par M. Kuhlmann en mettant les acides hydrochlorique et sulfurique en contact avec l'acide hydrocyanique, j'ai voulu voir jusqu'où va cette analogie remarquable, et j'ai entrepris les expériences que j'ai l'honneur de communiquer à l'Académie des Sciences.

De l'acide hydrocyanique anhydre préparé par le procédé de M. Gay-Lussac a été mis en contact avec environ son volume d'acide hydrochlorique fumant. Au bout de 4 à 5 minutes la liqueur s'est prise en une masse cristalline, en produisant un dégagement de chaleur très-sensible. Cette masse, soumise à la distillation, s'est volatilisée sans résidu et a donné successivement les

acides hydrocyanique, hydrochlorique, formique, et enfin de l'hydrochlorate d'ammoniaque. J'ai reconnu l'acide formique à ce que le produit liquide de la distillation chauffé avec de l'oxide rouge de mercure a produit une vive effervescence due à un dégagement d'acide carbonique que j'ai recueilli. Le mercure, au lieu d'être réduit à l'état métallique, comme cela arrive avec l'acide formique pur, a été retrouvé à l'état de protochlorure, phénomène dû à ce que le métal, au moment où il se précipite, fait passer le chloride de mercure du *maximum* au *minimum* de chloruration ; ce dont je me suis assuré par une expérience directe.

Quant à l'hydrochlorate d'ammoniaque, sa présence a été constatée par l'examen de toutes les propriétés bien connues de ce sel.

L'acide sulfurique donne lieu à une réaction semblable à celle que produit l'acide hydrochlorique ; seulement elle s'opère plus difficilement et avec plus de lenteur. Par la distillation on obtient de l'acide formique qu'il est aisé de séparer de la partie d'acide hydrocyanique échappée à l'action. Cette opération demande, pour réussir, quelques précautions, l'acide sulfurique convertissant facilement l'acide formique en eau et en gaz oxide de carbone. Il faut étendre d'eau et ne pas employer un trop grand excès d'acide sulfurique.

Ces phénomènes une fois observés, je n'ai pas eu de peine à me rendre compte, d'une part, des variations si grandes dans les quantités d'acide prussique que l'on obtient quelquefois avec le même poids de cyanure de mercure, et d'une autre part, de la grande solubilité et

de quelques autres propriétés particulières que présente quelquefois le résidu de la préparation de cet acide.

Une proportion de cyanure de mercure traitée par une proportion d'acide hydrochlorique légèrement fumant et dont la force avait été déterminée par saturation, m'a donné sensiblement une proportion d'acide hydrocyanique et une proportion de perchlorure de mercure, et partant point d'acide formique ni de sel ammoniacal; mais lorsque j'ai employé un excès d'acide hydrochlorique, cet excès d'acide rencontrant de l'acide hydrocyanique et de l'eau, a donné naissance à de l'acide formique et à de l'hydrochlorate d'ammoniaque, lequel entrant en combinaison avec le bi-chlorure mercuriel, a produit le sel double connu autrefois sous le nom de sel Alembroth, et je n'ai obtenu alors qu'une très-petite quantité d'acide hydrocyanique.

J'ai reconnu le chlorure double de mercure et d'ammoniaque à tous ses caractères; d'ailleurs il suffit de traiter le résidu de l'opération par la chaux pour qu'à l'instant la présence de l'ammoniaque se manifeste par l'odeur vive qui la caractérise. Dans le cas où l'on a employé proportions égales d'acide hydrochlorique et de cyanure de mercure, le résidu ne contient pas de sel ammoniacal, et se compose uniquement de chloride de mercure.

Avec le cyanure de potassium, même action; production de chlorure de potassium et d'hydrochlorate d'ammoniaque si l'on a employé un excès d'acide hydrochlorique. Dans le cas contraire, il n'y a pas de sel ammoniacal formé.

Ces expériences démontrent qu'il faut bien se garder

d'employer à la préparation de l'acide hydrocyanique par le procédé de M. Gay-Lussac un excès d'acide hydrochlorique, comme le bas prix de ce dernier et le prix élevé du cyanure de mercure pourraient engager à le faire.

Je me propose de rechercher si la présence possible de l'acide formique est pour quelque chose dans la décomposition spontanée, tantôt si rapide, tantôt si lente de l'acide hydrocyanique. La transformation de l'acide hydrocyanique en ammoniaque et en acide formique sous l'influence de l'eau et des acides, m'a fait rechercher quelques autres cas analogues, et j'en ai trouvé un remarquable dans le traitement du cyanure de potassium par l'action de la chaleur aidée de celle de l'eau.

Une dissolution concentrée de cyanure de potassium soumise à l'ébullition sans le contact de l'air, se décompose. Une proportion de ce cyanure agissant sur 4 proportions d'eau donne naissance à une proportion d'ammoniaque qui se dégage et à une proportion de formiate de potasse. Cette transformation produite par l'ébullition seule de la liqueur, marche d'abord avec assez de rapidité, se ralentit ensuite graduellement et n'est complète qu'après que l'on a renouvelé un très-grand nombre de fois l'eau qui s'est évaporée.

Si, au lieu de chauffer le cyanure de potassium humide, on le calcine sec et sans le contact de l'air, il n'est décomposé, comme on le sait, à aucune température; mais l'addition d'un excès de potasse caustique produit, de même que dans l'expérience précédente, de l'ammoniaque et du formiate de potasse, lequel, lorsqu'on presse le feu, se décompose un peu avant le rouge obscur, prenant alors à une proportion d'eau présente dans la

potasse une proportion d'oxigène pour former deux proportions de carbonate de potasse, tandis que deux proportions d'hydrogène se dégagent.

En soumettant à l'action de la chaleur le cyanure de mercure humide, il y a bien production d'acide formique, comme dans le cas précédent; mais la plus grande partie de cet acide est décomposée par l'oxide de mercure, d'où résultent, outre la formation d'ammoniaque et d'acide hydrocyanique, le dégagement d'acide carbonique que l'on observe et la réduction de l'oxide.

Curieux de connaître quelle action exerce sur l'économie animale un corps qui a exactement la même composition que l'acide hydrocyanique supposé dissous dans 3 proportions d'eau, j'ai remis à M. Künckel fils une certaine quantité de formiate d'ammoniaque. Ce sel, administré par lui en assez grande quantité à des animaux, ne leur a paru occasioner aucune souffrance. De mon côté, j'en ai dissous un gramme dans un demi-verre d'eau que j'ai bue sans en être nullement incommodé. L'impossibilité d'obtenir du bleu de Prusse avec ce sel, comme on l'obtient avec l'acide hydrocyanique, m'avait fait pressentir son inertie médicale.

Le formiate d'ammoniaque est un sel très-soluble dans l'eau, blanc, d'une saveur fraîche et piquante.

Soumis à l'action de la chaleur, il entre complètement en fusion vers le 120e degré du thermomètre centigrade; à 140° il abandonne une faible quantité d'ammoniaque, et à 180° il se décompose en acide hydrocyanique et en eau. Il n'échappe que des traces de formiate à la décomposition lorsqu'on fait l'opération dans un tube étroit que l'on tient plongé dans une longue colonne de mer-

cure dont la température est portée de 180° à 200°. Le produit de la distillation est de l'acide hydrocyanique excessivement concentré, car il contient moins de son poids d'eau. Cette décomposition ne peut mieux être assimilée qu'à celle du nitrate d'ammoniaque en eau et en protoxide d'azote et s'opère avec la même facilité.

Le résultat de ces expériences bien constaté, doit-on regarder l'acide hydrocyanique dissous dans l'eau comme du formiate d'ammoniaque? Si, d'une part, l'action des acides sur l'acide prussique qui donne naissance à des sels ammoniacaux et à de l'acide formique milite en faveur de cette hypothèse, d'une autre part l'inertie médicale du formiate d'ammoniaque, son refus à donner du bleu de Prusse, à moins qu'on ne le soumette à l'influence d'une force très-énergique, telle que celle de la chaleur, autorise une autre manière de voir, et l'on est plutôt porté à assimiler la dissolution aqueuse d'acide prussique à celle des autres acides. Toutefois, s'il est vrai, comme l'assurent quelques médecins, que l'acide prussique étendu d'eau n'agît pas toujours comme poison, il est permis de supposer que cet acide affaibli est susceptible de passer quelquefois à l'état de formiate d'ammoniaque. Au reste, la chose n'a pas été constatée.

La connaissance de quelques-uns des faits rapportés dans cette note intéresse directement le fabricant de bleu de Prusse et de prussiate ferruré de potasse. Elle lui apprend qu'il faut qu'il se garde bien, soit de faire bouillir avec de l'eau le résidu du traitement des matières animales par la potasse, soit de jeter ce résidu dans l'eau lorsqu'il est encore chaud, soit enfin de cal-

ciner ces mêmes substances animales avec un excès d'alcali. Dans ces trois cas, il se décomposerait en produisant de l'acide formique et de l'ammoniaque, ou cet alcali, de l'hydrogène et du carbonate de potasse. Il faut lessiver à froid et traiter les liqueurs par le sulfate de fer avant de les soumettre à l'évaporation ou même de les chauffer. Le cyanure de potassium une fois combiné avec le cyanure de fer, a acquis assez de stabilité pour qu'on puisse concentrer le cyanate de potasse sans crainte de l'altérer.

En résumé, les expériences consignées dans cette note démontrent :

1°. Que l'acide hydrocyanique est transformé en ammoniaque et en acide formique par l'action des acides hydrochlorique et sulfurique, et sans doute aussi par un grand nombre d'autres acides ;

2°. Que le cyanure de potassium, soumis en dissolution concentrée à l'action de la chaleur, se change en ammoniaque et en formiate de potasse ;

3°. Que le même composé, à une haute température et sous l'influence d'un excès de potasse, donne de l'hydrogène, de l'ammoniaque et un résidu de carbonate de potasse ;

4°. Qu'une proportion de cyanure de mercure, en agissant sur une proportion d'acide hydrochlorique, donne une proportion d'acide hydrocyanique et une proportion de perchlorure de mercure ;

5°. Qu'un excès d'acide hydrochlorique produit avec le même cyanure du chlorure double d'ammoniaque et de mercure, de l'acide formique et très-peu d'acide prussique ;

6°. Enfin, que le formiate d'ammoniaque soumis à l'action de la chaleur se transforme vers 180° en eau et en acide hydrocyanique.

DIVERSES *Notices sur les Courans électriques produits soit par d'autres courans, soit par des aimans.*

Extrait d'une lettre de M. Faraday à M. Hachette, communiqué à l'Académie des Sciences le 17 décembre.

M. Faraday a envoyé à la Société royale de Londres un mémoire contenant le résultat de ses nouvelles recherches sur les phénomènes électro-dynamiques. Ce mémoire est divisé en quatre parties; dans la première, qui a pour titre : *Production de l'électricité voltaïque*, on trouve ce fait important, qu'un courant d'électricité voltaïque qui traverse un fil métallique, produit un autre courant dans un fil qui en est voisin; que ce dernier courant est dans une direction contraire au premier, et ne dure qu'un moment; que si l'on éloigne le courant producteur, un second courant se manifeste sur le fil soumis à l'influence du courant producteur, dans une direction contraire au premier courant d'influence, et par conséquent dans le même sens que le courant producteur. La seconde partie du mémoire traite des courans électriques produits par les aimans. En approchant des spirales hélices des aimans, M. Faraday a produit des courans électriques; en éloignant ces spirales, des

courans se forment en sens contraire. Ces courans agissent fortement sur le galvanomètre, passent à travers l'eau salée et d'autres dissolutions, quoique faiblement; dans un cas particulier, M. Faraday *a obtenu une étincelle*, d'où il suit qu'il produit les courans électriques étudiés par M. Ampère, en se servant seulement des aimans. La troisième partie du mémoire est relative à un état particulier d'électricité que M. Faraday nomme *état électrotome*; il se réserve d'en parler dans une autre lettre. La quatrième partie du mémoire traite de l'expérience aussi curieuse qu'extraordinaire de M. Arago, qui consiste, comme on sait, à faire tourner un disque métallique sous l'influence d'un aimant. M. Faraday considère le phénomène qui se manifeste dans cette expérience comme intimement lié à celui de la rotation magnétique qu'il a eu le bonheur de trouver il y a dix ans. Il a reconnu que, par la rotation du disque métallique sous l'influence d'un aimant, on peut former dans la direction des rayons de ce disque des courans électriques en nombre assez considérable pour que le disque devienne *une nouvelle machine électrique*.

Faits observés par M. Becquerel. (*Séance de l'Institut du* 23 *janvier*.)

Ces faits établissent une analogie entre les courans produits par l'influence d'un aimant et les courans hydro-électriques par opposition aux courans thermo-électriques; ainsi, 1° les deux premiers ont lieu, quoique plus faiblement, quand une portion du circuit consiste dans un liquide aqueux, tandis que les courans thermo-électriques sont alors complètement interrompus.

2°. Un galvanomètre à mille tours d'un fil très-fin est très-sensible aux deux premiers courans et insensible au courant thermo-électrique. Un autre galvanomètre à trente tours de gros fil très-sensible au courant thermo-électrique l'est beaucoup moins aux deux autres.

On attribue généralement cette opposition à la tension plus grande dans les piles ou couples hydro-électriques, très-faible dans les piles ou couples thermo-électriques; alors il faut qu'il y ait une assez grande tension pour les courans produits par l'influence d'un aimant.

Faits proposés comme objet de recherche par M. Ampère à M. Becquerel, et qu'ils ont obtenus ensemble.

1°. Le milieu d'un aimant porté rapidement dans le cylindre creux produit une déviation trois ou quatre fois plus grande que celle qu'on obtient en y plaçant le pôle du même aimant.

2°. En sortant l'aimant du cylindre la déviation a lieu en sens contraire de celle qu'on a obtenue en l'entrant; elle a le même sens par quelque côté du cylindre creux qu'on retire l'aimant.

3°. En entrant et sortant ensuite l'aimant par des sauts successifs, on a des déviations à chaque saut; dans un sens depuis le pôle d'entrée jusqu'au milieu de l'aimant, en sens contraire de ce milieu au pôle de sortie.

4°. Tant que l'aimant est immobile dans le cylindre creux, il n'y a aucune action sur le galvanomètre, soit qu'on rompe ou rétablisse ses communications avec le cylindre creux.

5°. Si l'on place l'aimant dans le cylindre creux pen-

dant que cette communication est interrompue, on peut ensuite la rétablir sans qu'il y ait aucune action sur le galvanomètre; mais alors, en enlevant l'aimant, on a toute l'action qui aurait eu lieu dans le même cas, après l'action contraire produite par l'entrée de l'aimant pendant que la communication aurait été établie.

Expériences sur les Courans électriques produits par l'influence d'un autre courant; par M. AMPÈRE.

Pendant mon séjour à Genève au mois de septembre 1822, M. Auguste de La Rive voulut bien m'aider dans les expériences que je désirais de faire sur la production d'un courant électrique par l'influence d'un autre courant; il eut la bonté de disposer dans son laboratoire tout ce qui m'était nécessaire pour ces expériences, dont les résultats furent publiés peu de temps après dans la Bibliothèque universelle et dans les Annales de Chimie et de Physique. Nous avions suspendu à un fil de soie très-fin dans le plan d'un fil conducteur revêtu de soie et formant des tours de spirale redoublés, un cercle de cuivre en dedans et très-près de ces tours. Nous présentions à ce cercle un fort aimant en fer à cheval, de manière qu'un des pôles se trouvait au dedans et l'autre au dehors du cercle. Dès que nous faisions communiquer avec la pile les deux extrémités du fil conducteur, le cercle était attiré ou repoussé par l'aimant, suivant le pôle qui répondait à l'intérieur du cercle; ce qui démontrait l'existence du courant électrique qui y était produit par l'influence du courant du fil conducteur. La découverte que vient de faire M. Faraday des courans électriques produits par l'influence d'un aimant, cou-

rans qu'avait obtenus Fresnel en 1820, mais qu'il n'avait pas cru suffisamment constatés par ses expériences, m'a porté naturellement à employer le galvanoscope multiplicateur, dont l'illustre chimiste anglais a fait usage, pour constater de nouveau et étudier dans toutes ses circonstances la production d'un courant électrique par un autre courant.

Les résultats ont été tels qu'il était facile de le prévoir, et l'identité des effets produits par une hélice ou par un aimant s'est soutenue dans tous les détails des phénomènes.

Ces expériences ont été faites avec un appareil dont la construction est due à M. Simon, préparateur du cours de physique générale et expérimentale au Collége de France. Il a vu le premier la production des courans électriques dans le cas que je vais décrire, nous en avons constaté ensemble les diverses circonstances.

L'instrument dont nous nous sommes servis se compose de trois hélices redoublées en spirale; la première est celle d'un galvanoscope ou multiplicateur de Schweiger; elle est destinée à agir sur deux aiguilles aimantées attachées ensemble, suivant deux lignes parallèles dans des directions opposées et suspendues par un fil très-fin, l'une au dedans, l'autre au-dessus de cette première hélice: ce galvanoscope est celui de l'appareil thermoscopique de M. de Nobili. La seconde consiste dans un fil de $\frac{1}{2}$ millimètre de diamètre recouvert de soie et enveloppé sur un cylindre creux en bois, où il fait cent tours, dans un enfoncement pratiqué sur sa surface convexe comme la gorge d'une poulie. Les deux extrémités de ce fil communiquent avec les deux extrémités de celui du

galvanoscope, de manière qu'on puisse à volonté interrompre et rétablir cette communication. Je désignerai cette partie de l'appareil sous le nom de *cylindre électromoteur*, parce que c'est lui qui fait mouvoir le galvanoscope quand il est influencé par un aimant. Dans mon appareil le creux de ce cylindre a 4 où 5 centimètres de diamètre. La troisième hélice, celle dont le fil est en communication avec les deux extrémités de la pile, était formée d'un fil de cuivre recouvert de soie et de 1 millimètre de diamètre formant trois hélices en recouvrement l'une autour de l'autre ; ce fil faisait quatre cents tours, et il en résultait un cylindre électro-dynamique d'environ 16 centimètres de long et de 4 centimètres de diamètre. C'est cette partie de l'appareil que je désignerai dans ce qui suit en la nommant simplement l'*hélice*.

Nous nous sommes assurés qu'à la distance d'environ deux mètres, que la longueur des communications entre le galvanoscope et le cylindre électro-moteur nous permettait de mettre entre le galvanoscope et l'hélice, celle-ci n'exerçait aucune action sensible sur les aiguilles aimantées du galvanoscope.

Voici maintenant les résultats de nos expériences : l'hélice étant en communication avec la pile, et le galvanoscope avec le cylindre électro-moteur, 1° chaque fois qu'on place l'hélice dans ce cylindre, l'aiguille du galvanoscope est déviée précisément comme quand on y place un barreau aimanté, les pôles de l'hélice étant dans la même situation respective que ceux de l'aimant.

2°. Cette action est de même instantanée dans les deux cas, l'aiguille reprenant sa première position après quelques oscillations.

3°. En retirant l'hélice on observe une déviation égale en sens contraire de celle qui a eu lieu à l'entrée ; et qui a toujours lieu dans le même sens, quel que soit le côté du cylindre électro-moteur par lequel on retire l'hélice précisément comme quand on retire l'aimant du même cylindre.

4°. Cette action est également instantanée.

5°. Le sens du courant excité par l'hélice dans le cylindre électro-moteur est opposé à celui du courant de cette hélice, de même que celui qui y est excité par l'action de l'aimant a lieu en sens contraire des courans de cet aimant, conformément aux résultats obtenus par M. Faraday.

6°. Les actions qui, d'après les expériences que j'ai faites avec M. Becquerel, communiquées à l'Académie dans sa séance du 23 janvier dernier, ont lieu lorsqu'on fait entrer un aimant dans le cylindre électro-moteur par des sauts successifs et qu'on l'en fait sortir ensuite de la même manière, en sorte qu'une déviation se manifeste à chaque saut, dans un sens depuis une extrémité de l'aimant jusqu'à son milieu et en sens contraire depuis ce milieu jusqu'à l'autre extrémité ; ces actions, dis-je, sont produites avec toutes les mêmes circonstances en substituant une hélice à l'aimant, et l'on observe dans les deux cas qu'en portant rapidement le milieu, soit de l'aimant, soit de l'hélice, au centre du cylindre électro-moteur, on a une déviation égale à la somme de toutes celles qui ont lieu à chacun de ces sauts, en y comprenant la première déviation produite en plaçant dans le plan de ce cylindre l'extrémité seulement de l'hélice ou de l'aimant. Cette première déviation fait ce-

pendant une plus grande portion de la déviation totale qu'on obtient en y portant tout de suite leur milieu, lorsqu'on se sert d'une hélice, que quand on emploie un aimant, parce que tous les courans électriques de l'hélice sont de même intensité, tandis que l'intensité des courans de l'aimant est, comme je l'ai établi depuis long-temps, plus grande à son milieu qu'elle ne l'est vers ses extrémités.

7°. Tant qu'il n'y a point de changement dans la situation respective de l'hélice et du cylindre électro-moteur, on peut rompre ou rétablir la communication de ce cylindre et du galvanoscope sans qu'il y ait aucune action, comme quand il y a un aimant au lieu d'hélice.

8°. Mais si, après avoir placé l'aimant ou l'hélice dans le cylindre électro-moteur, la communication n'étant pas établie, et avoir ensuite rétabli la communication sans qu'il y ait aucune action d'après ce qui vient d'être dit, on vient à enlever l'aimant ou l'hélice, on a l'action de sortie précisément comme elle aurait eu lieu dans le cas où elle aurait été précédée d'une action d'entrée.

9°. On a, en se servant d'une hélice au lieu d'aimant, la possibilité d'anéantir et de recréer alternativement, sans la déplacer, l'action qu'elle exerce, en suspendant et rétablissant alternativement le courant électrique qui la parcourt, soit en interrompant et rétablissant alternativement la communication entre l'hélice et la pile, soit en enlevant les couples de la pile des vases remplis d'eau acidulée et en les y replongeant alternativement. Dans l'un et l'autre cas, la suspension du courant électrique et son rétablissement dans l'hélice produisent pré-

cisément les mêmes effets que l'on obtient en enlevant ou en replaçant, soit l'hélice, soit l'aimant, dans la spirale.

L'identité des actions produites par un aimant ou une hélice électro-dynamique ayant ses deux extrémités aux pôles de l'aimant, démontrée par tant d'expériences dans les circonstances les plus variées, et par les calculs qui en partant de la formule qui représente l'action de deux élémens de courans électriques, déduite uniquement d'expériences faites sur des courans électriques, donnent pour l'action mutuelle de deux aimans très-petits ou particules magnétiques, la même expression qu'on trouve en partant de l'ancienne hypothèse sur la nature des aimans; cette identité, dis-je, n'avait pas besoin des nouvelles preuves qui résultent de ces expériences, elle suffisait pour en prévoir les résultats; mais les physiciens n'en verront pas, je pense, avec moins de plaisir cette nouvelle vérification d'une théorie qui a ramené tous les phénomènes magnétiques à ceux que produit l'électricité en mouvement.

Je me sers ici de cette expression parce que c'est celle qu'ont employée jusqu'ici tous les physiciens qui se sont occupés de ces phénomènes; car, comme je l'ai dit et imprimé plusieurs fois, cette identité est indépendante de l'idée qu'on se fait sur la nature de ce qui se passe dans le fil conducteur joignant les deux extrémités d'une pile de Volta.

En comparant les résultats de ces expériences avec celles de M. Arago, sur l'action qui s'exerce entre un aimant ou une hélice électro-dynamique et un disque métallique, lorsque leur position relative change,

soit parce qu'on fait osciller l'aimant ou l'hélice en présence du disque, soit parce qu'on fait tourner le disque, on voit qu'elles ne sont qu'une autre manifestation d'un même fait général, savoir que pendant que l'aimant ou l'hélice s'approche d'un corps conducteur, il s'y produit par influence un courant électrique instantané en sens contraire de celui de l'aimant ou de l'hélice, d'où résulte une action répulsive entre ces deux corps, et qu'au contraire lorsque l'aimant ou l'hélice s'écarte du corps conducteur, le courant électrique qui s'y forme par influence se renverse tout-à-coup, en sorte qu'il se trouve alors dans le même sens que celui de l'aimant ou de l'hélice, et qu'il y a attraction entre les deux corps.

Il est aisé de voir en effet que des trois actions reconnues par M. Arago dans les expériences dont nous venons de parler, l'une suivant la tangente de l'arc décrit par le point du disque en mouvement dont elle émane, l'autre perpendiculaire au plan du disque et la troisième suivant le rayon ; la première vient de ce qu'il y a à la fois répulsion entre l'aimant ou l'hélice et les points du disque qui vont en s'en approchant, attraction entre l'aimant ou l'hélice et les points du disque qui vont en s'en éloignant, et que ces deux actions tendent également à faire suivre, soit à l'aimant, soit à l'hélice, le mouvement du disque.

Quant aux deux autres actions, l'une perpendiculaire au plan du disque, l'autre suivant le rayon, elles résultent évidemment de ce que les courans électriques produits par influence pendant que les points du disque s'approchent de l'aimant ou de l'hélice subsistent encore, ainsi que la répulsion qui en résulte, à l'instant où ils se

trouvent précisément vis-à-vis, puisqu'ils ne se renversent qu'ensuite et à mesure qu'ils s'en éloignent; d'où il suit que tous ces points, situés sur le rayon correspondant du disque, repoussent, soit l'aimant, soit l'hélice, ce qui produit une répulsion perpendiculaire au plan du disque et une force parallèle à ce rayon tendant vers la circonférence ou vers le centre, suivant que la distance entre le centre du disque et l'extrémité de l'aimant ou de l'hélice sur laquelle ils agissent est plus ou moins grande.

Sur la Force électro-motrice du Magnétisme, *par* MM. L. Nobili *et* V. Antinori.

(*Traduit dell Antologia di Firenze.*)

M. Faraday a découvert récemment une nouvelle classe de phénomènes électro-dynamiques; il a présenté à ce sujet à la Société royale de Londres un Mémoire qui n'a pas encore été publié, et que nous connaissons seulement par la simple notice que M. Hachette communiqua à l'Académie des Sciences de Paris, d'après une lettre qu'il avait reçue de M. Faraday lui-même. Cette relation nous inspira subitement le désir, à M. le chevalier Antinori et à moi, de répéter l'expérience fondamentale et de l'étudier sous divers aspects. Comme nous nous flattons d'être parvenus à des résultats de quelque importance, nous nous hasardons à les publier sans autre préambule que la notice même qui a servi de point de départ à nos recherches (suit la notice que nous avons déjà donnée page 402).

§ 1er. *Magnétisme ordinaire.*

Nous n'avons eu besoin d'aucun tâtonnement pour réussir dans l'expérience de M. Faraday. Les premières spirales que nous avons approchées de l'un des pôles d'un aimant nous ont présenté à l'instant leur influence sur le galvanomètre. Nous avons observé successivement trois faits différens. Au moment où l'on approche la spirale, on voit en premier lieu l'aiguille de l'instrument dévier d'un certain nombre de degrés, ce qui indique la présence d'un courant excité par le magnétisme dans la spirale elle-même, mise préalablement en communication avec le galvanomètre. Ce courant dure très-peu; il s'éteint complètement, comme le démontre le retour de l'index à sa position ordinaire d'équilibre; c'est la seconde observation. Enfin la troisième a lieu quand on retire la spirale du voisinage de l'aimant. Alors l'aiguille du galvanomètre dévie du côté opposé à sa première déviation, indiquant par là le développement d'un courant contraire au courant excité dans le premier instant.

En essayant une spirale en forme d'anneau placée entre les pôles d'un aimant en fer à cheval, nous avons observé une action beaucoup plus faible que celle qui se manifeste sur le même anneau quand on met en contact avec l'aimant son armure, ou quand on détache brusquement cette armure. Ce fait nous a suggéré l'idée d'enrouler autour d'un aimant de cette forme un fil de cuivre couvert de soie comme à l'ordinaire, pour obtenir ainsi un appareil toujours disposé pour l'expérience dont

il s'agit. Alors la spirale destinée à ressentir l'influence magnétique se trouve ployée autour de l'aimant, et la cause immédiate du phénomène réside dans l'armure à raison de la propriété dont jouit ce morceau de fer doux de s'aimanter et de se désaimanter rapidement. Quand on détache l'armure, la spirale qui était en présence de ce fer fortement aimanté, se trouve instantanément soustraite à l'influence de cette action; on reproduit ainsi le cas d'une spirale approchée d'abord, puis éloignée de l'aimant. Quand, au contraire, on replace l'armure aux pôles du fer à cheval, on reproduit précisément le cas d'un aimant qu'on approche d'une spirale, puisque le morceau de fer doux devient magnétique au moment même où il s'attache aux pôles qui l'attirent.

Cette disposition de l'appareil, outre qu'elle augmente sa sensibilité, jouit d'un autre avantage, celui de procurer au physicien un réservoir constant d'électricité voltaïque. L'utilité d'un courant invariable se fait sentir dans de pareils recherches, et si les courans thermo-électriques offrent un moyen plausible de satisfaire à cette nécessité, ainsi que je l'ai montré ailleurs (1), cependant le nouveau moyen que nous offrent maintenant les aimans couverts de spirales électro-dynamiques n'est point à dédaigner; ici le courant est toujours prêt à se manifester. Supposons qu'on laisse comme à l'ordinaire

---

(1) Ce procédé consiste dans l'emploi d'un élément thermo-électrique composé, comme à l'ordinaire, de deux métaux différens, soudés en deux points, l'une des soudures étant maintenue à 0°, l'autre à 80° (Nobili, *Annales de Chimie et de Physique*, février 1830, p. 130.)

l'armure attachée à l'aimant, et l'on n'aura qu'à la détacher pour obtenir, au moyen de la spirale, la manifestation de ce courant qui existait dans un état pour ainsi dire latent. Quand cet instrument ne servirait qu'à indiquer le degré de sensibilité des différens galvanomètres dont un physicien doit être pourvu pour différentes sortes de recherches, le nouvel appareil serait ici d'un usage meilleur que tout autre, car il n'exige aucun préparatif au moment où l'on veut l'employer.

Il y a deux moyens de s'en servir, soit en détachant l'armure, soit en la rattachant. Quand les deux mouvemens se font avec la même vitesse, et précisément en regard des mêmes points de l'aimant, on obtient au galvanomètre des déviations en sens contraire, mais précisément de la même valeur. Toutefois l'action de détacher l'armure est toujours également instantanée et doit être préférée à cause de la constance de l'effet à l'autre mode d'observation qui exigerait, pour offrir des circonstances toujours identiques, un mécanisme qu'il serait superflu non seulement d'exécuter, mais même d'imaginer. Pour peu que l'on ait soin de tenir l'armure précisément dans la même position relativement à l'aimant, on obtiendra toujours, en la détachant, la même déviation au galvanomètre; résultat précieux, nous le répétons, applicable dans une infinité de circonstances, et propre peut-être à donner la mesure de la force des aimans puissans avec plus d'exactitude que le moyen ordinaire, qui consiste à chercher le poids qu'ils peuvent supporter.

La disposition dont nous venons de parler est très-avantageuse, mais est-elle véritablement celle qui produit le plus grand effet électro-dynamique? Il en existe une

qui lui est beaucoup supérieure; elle consiste à appliquer la spirale électro-dynamique à la partie centrale de l'armure vers le milieu de l'intervalle qui sépare les deux pôles de l'aimant en fer à cheval; dans cette situation, une spirale d'un petit nombre de tours donne un effet supérieur à celui qui résulte d'un nombre de tours beaucoup plus grand disposés autrement. Voici donc comment il convient d'opérer pour tirer d'un aimant tout le parti possible: on couvrira de fil toute la partie centrale de l'armure et l'on ne laissera à découvert que les extrémités afin qu'elles puissent s'appliquer au pôle de l'aimant. La forme ordinaire de l'armure ne se prête pas trop bien à recevoir autour de sa surface cette espèce de gros anneau électro-dynamique. En modifiant cependant cette forme comme il convient, le fil s'y adapte très-facilement, et l'on obtient ainsi les effets à leur *maximum* d'intensité. La raison en est évidente; en effet, il faut satisfaire à ces deux conditions: l'une que la spirale éprouve toute l'influence des forces magnétiques; l'autre, que cette influence vienne à cesser dans le plus court espace de temps possible. Or le fil enveloppé autour de l'armure est évidemment dans la position la plus favorable pour concentrer en lui la force magnétique, et cette force lui manque subitement au moment de la séparation, comme la seconde condition l'exige.

Spirales de divers métaux.

Nous avons opéré sur quatre métaux, cuivre, fer, bismuth et antimoine. Le fer était intéressant parce qu'il est le premier parmi les métaux magnétiques; le bismuth

et l'antimoine à cause de la place qu'ils occupent dans l'échelle thermo-magnétique. Les expériences faites dans des circonstances à peu près semblables ont conduit à ce résultat que le cuivre est le plus actif et le plus puissant de ces métaux sous le point de vue qui nous occupe, le fer se place après à une petite distance, vient ensuite l'antimoine et ensuite le bismuth. A dire vrai, la fragilité de ces deux derniers métaux ne nous a permis de leur donner la figure de spirales qu'en les fondant sous cette forme. A ce moyen, qui était long et difficile, nous en avons substitué un autre; nous avons fabriqué des spirales quadrangulaires avec de petites verges des susdits métaux, soudées à leurs extrémités, ou même simplement pressées les unes contre les autres pour assurer le contact. Il est inutile d'avertir que pour rendre les résultats comparables on donnait aux spirales de cuivre et de fer la même forme quadrangulaire.

§ II. *Étincelle magnétique.*

La relation publiée par M. Hachette dit, *que dans un cas particulier*, M. Faraday a obtenu une étincelle. Cette phrase ne donne aucune lumière, et elle met plutôt en doute la constance d'un phénomène aussi extraordinaire; cela toutefois ne nous a pas détournés de le rechercher, et nous avons été assez heureux pour réussir au-delà de nos espérances. Voici les vues théoriques qui nous ont conduits à cet important résultat, lequel, nous le dirons clairement, ne nous inspirait au commencement qu'un faible degré de confiance.

La pile ne donne d'étincelle que quand elle est com-

posée d'un certain nombre de couples voltaïques; un seul élément à la Wollaston la produit, et quand il est d'une certaine activité, il la fait naître constamment à la surface du mercure, à laquelle aboutissent les fils destinés à fermer le circuit. Dans les piles voltaïques douées d'un certain degré de tension électrique, l'étincelle part des pôles zinc et cuivre, aussi bien lorsqu'on ferme que lorsqu'on ouvre le circuit. Sur un seul élément à la Wollaston la tension est extrêmement faible, et l'étincelle n'a lieu que dans une seule circonstance, au moment où le circuit est interrompu. Dans ce moment le courant, qui était déjà en mouvement, s'accumule au point de l'interruption, jusqu'à y acquérir la tension nécessaire pour lancer l'étincelle; une telle tension manque dans l'autre cas quand on ferme le circuit, et par conséquent aucune étincelle ne s'élance.

Les courans qui se forment dans la spirale électro-dynamique en vertu du magnétisme, ne circulent que dans le seul moment où la spirale s'approche d'un aimant ou s'en éloigne. De là nous tirâmes la conclusion que c'était dans un de ces deux momens que devait s'ouvrir le circuit de la spirale pour tenter l'expérience de l'étincelle.

Ainsi nous avions déjà spéculativement fixé nos idées relativement à la disposition la plus favorable des spirales électro-dynamiques; il ne nous restait donc qu'à choisir un bon aimant en fer à cheval, à envelopper l'armure de fil de cuivre d'après le mode indiqué, à faire plonger dans une tasse remplie de mercure les extrémités de ce fil, et ensuite à soulever l'une ou l'autre de ces extrémités au moment où l'on attachait l'armature à l'aimant, ou, ce qui revient au même, au moment où on la déta-

chait. Lorsque deux personnes opèrent sans aucun mécanisme, il arrive le plus souvent que l'expérience ne réussit point. Mais quand les deux mouvemens sont simultanés, ce qui arrive de temps en temps, on a la satisfaction de voir une étincelle qui ne laisse rien à désirer. Telle fut la méthode qui nous fit voir la première étincelle. Mais ce beau résultat méritant d'être reproduit à plaisir, réclamait un appareil *ad hoc*. Après différentes dispositions plus ou moins compliquées, nous nous sommes arrêtés à la suivante qui, à l'avantage de réussir, réunit suivant nous le plus grand degré de simplicité.

Tout l'artifice se trouve réuni sur l'armature de l'aimant. Cette pièce, qui a la forme d'un parallélipipède, porte dans son milieu la spirale électro-dynamique, invariablement liée avec elle par deux attaches de laiton, à la distance convenable pour que ces attaches et tout le système puissent entrer dans l'intervalle qui sépare les pôles du fer à cheval, lorsque l'armature s'attache, comme à l'ordinaire, à l'aimant. Les extrémités de la spirale communiquent alors chacune à chacun des pôles au moyen de deux petits ressorts fixés à l'armature, et qui pressent un peu les pôles même, quand l'armature est à sa place. Pour laisser un espace suffisant au contact des extrémités de la spirale, l'armature est plus amincie qu'à l'ordinaire : elle ne couvre qu'environ la moitié des pôles. Le reste est touché par les ressorts qui sont isolés de l'armature, parce que, dans cette disposition, le fer à cheval est seul chargé de compléter et de fermer le circuit électro-dynamique. Supposons l'armature attachée à l'aimant; les ressorts sont en contact avec les pôles et

le circuit est fermé par l'aimant, par conséquent entièrement métallique. Détachons l'armature, et le circuit s'ouvre en deux endroits. Or c'est en ces deux points où l'interruption a lieu, entre les ressorts et les pôles, que l'étincelle part toujours ou presque toujours. Quand l'effet n'a pas lieu, cela tient à ce que l'interruption ne se fait pas convenablement; il est du reste si facile de répéter l'expérience, qu'il serait superflu de chercher un mécanisme qui remédie à un inconvénient qui se répare avec tant de facilité.

Dans cet appareil, la spirale enroulée autour de l'armature est de cuivre. En la construisant avec un fil de fer, on obtient également l'étincelle. Cette substitution était intéressante pour reconnaître si l'influence magnétique ordinaire que l'aimant exerce sur le fil de fer était de nature à modifier l'autre genre d'action, l'action électro-dynamique. Il ne paraît pas que ces deux espèces de force aient l'une sur l'autre une influence quelconque. Cependant, avant de l'affirmer positivement, il faudrait d'autres essais que nous entreprendrons plus à loisir.

§ III. *Magnétisme terrestre.*

Nous avons pris un tube de carton, de deux pouces de diamètre environ, de quatre pouces de longueur; nous avons enroulé autour de ce tube un fil de cuivre isolé, long de 40 mètres, dont les deux extrémités pouvaient librement être mises, au besoin, en communication avec les pôles d'un galvanomètre. Les extrémités du cylindre étaient dressées et aplanies de manière que le

cylindre pût se tenir verticalement sur une table, dans un sens comme dans l'autre, ce qui permettait de le retourner à volonté.

On sait qu'un cylindre de fer doux placé parallèlement à l'aiguille d'inclinaison éprouve l'influence du magnétisme terrestre ; la partie inférieure acquiert le pôle nord, la partie supérieure le pôle austral opposé. C'est un phénomène de position qui se reproduit toujours de la même manière sur cette espèce de fer aussi incapable de conserver par lui-même le magnétisme qu'il a reçu, que disposé à recevoir une nouvelle aimantation, dans quelque sens qu'on tende à la développer.

A notre latitude, l'inclinaison de l'aiguille est d'environ 63°. Le tube de carton couvert de sa spirale électro-dynamique étant placé dans cette direction, nous y avons introduit un cylindre de fer, et, au moment de cette introduction, le galvanomètre nous a manifesté le mouvement dû à la présence d'un courant excité par le magnétisme. En retirant le cylindre, nous avons obtenu le mouvement contraire ; il n'y a donc aucun doute que le magnétisme terrestre ne suffise pour développer à lui seul des courans électriques. On ne doit pourtant pas dissimuler ici une circonstance, c'est que leur développement est produit dans l'expérience que nous venons de rapporter à l'aide d'un agent intermédiaire, le fer doux que l'on introduit dans la spirale ; cela est incontestable. Mais il est vrai aussi qu'il n'est pas absolument indispensable de recourir à cet auxiliaire pour obtenir des signes manifestes de l'influence dont il s'agit. Plaçons notre spirale cylindrique de telle manière que l'axe du cylindre soit parallèle à l'aiguille d'inclinaison ;

puis renversons-la dans le méridien magnétique en lui faisant faire une demi-révolution, et nous verrons apparaître sur le galvanomètre des indices du courant excité dans la spirale par la seule influence du magnétisme terrestre.

Pour reconnaître cet effet, il n'est pas même nécessaire de s'assujettir à placer rigoureusement le cylindre dans la direction de l'inclinaison magnétique. Le phénomène réussit également dans une position verticale; l'effet est seulement moindre, mais toujours assez prononcé pour qu'on ne puisse être induit en erreur.

Nous avons essayé trois fils de cuivre de différentes grosseurs; le plus fin avait un demi-millimètre de diamètre, le moyen deux tiers, le plus gros un millimètre entier. Les effets ont augmenté avec la grosseur des fils. Le premier nous a donné des déviations de 2 à 4°, le second de 4 à 8°, le troisième de 10 à 20°. Pour obtenir ces grands mouvemens on emploie l'artifice connu, qui consiste à intervertir le courant au moment le plus propice, moment que l'expérience répétée plusieurs fois indique facilement à l'observateur.

Dans l'état actuel de la science, c'est certainement là le courant obtenu de la manière la plus simple. Il est entièrement dû au magnétisme terrestre, et ce magnétisme est répandu sur tout le globe. Nous nous réservons d'étudier la manière d'agrandir l'effet et d'en faire même quelque utile application, si certains appareils que nous projetons répondent à notre attente. La pensée qui se présente la première serait d'en profiter pour la mesure des intensités magnétiques terrestres; mais de quelle précision sera jamais susceptible ce nouveau genre

d'instrument, c'est là ce qui nous reste à déterminer.

Le galvanomètre que l'on doit employer dans l'expérience rapportée dans ce paragraphe, doit être excessivement sensible. Je répéterai à cette occasion ce que j'ai dit ailleurs de cette sorte d'instrument; il y en a deux espèces que l'on doit employer pour obtenir le plus grand effet, l'une quand il s'agit de courans hydro-électriques, l'autre quand il s'agit de courans thermo-électriques. Le galvanomètre de mon thermo-multiplicateur est précisément celui qu'il convient de choisir dans ce nouveau genre de recherches (1). On en prévoit la raison en observant que les nouveaux courans de Faraday se développent dans des circuits entièrement métalliques, comme les courans thermo-électriques du docteur Seebeck, et, comme ces derniers, ils passent difficilement au travers des conducteurs humides.

Tension électrique.

Les tentatives que nous avons faites jusqu'ici sur le nouveau genre de courans pour obtenir à l'électromètre les signes ordinaires de tension, ne nous ont conduits à aucun résultat positif. Du reste, les moyens que nous avons employés sont très-loin de nous satisfaire pleinement. Nous en préparons de nouveaux pour attaquer la question avec des armes plus décisives; nous étendrons alors nos recherches aux appareils thermo-électriques eux-mêmes; ils méritent d'être étudiés sous ce rapport,

(1) Nobili, *Biblioth. univ.*, juillet 1830, p. 275.

par la raison qu'ils n'ont jusqu'ici présenté aucun signe appréciable de tension. Sur cette dernière espèce de courans, nous tenterons aussi, dans des circonstances favorables, l'expérience de l'étincelle, mais sans dissimuler dès à présent que nous supposons bien que les courans thermo-électriques sont les moins propres à produire la tension et l'étincelle, ainsi que nous l'expliquerons plus clairement en temps et lieu.

§ V. *Effets chimiques et physiologiques.*

Les nouveaux courans de M. Faraday passent, bien que difficilement, au travers des conducteurs humides. La notice en fait mention, et cela a lieu en effet, comme on peut le vérifier avec la plus grande facilité, en introduisant dans le circuit des spirales électro-dynamiques un conducteur de cette espèce. Dans le cas des autres courans connus, j'ai démontré ailleurs qu'il y a toujours décomposition chimique quand ils traversent des conducteurs liquides; et que, si faibles que soient ces courans, la décomposition est toujours assurée par la seule condition de leur passage au travers du fluide. Il est très-probable que les nouveaux courans doivent aussi produire le phénomène de la décomposition, mais il ne faut pas oublier leur caractère distinctif qui est de ne durer qu'un temps très-court. Je crois que ce temps, malgré sa courte durée, suffit pour la décomposition. Mais je ne hasarderai rien de plus avant d'avoir interrogé à ce sujet le grand maître en toute chose, l'expérience.

Les symptômes physiologiques consistent, comme tout le monde le sait, dans les secousses ou les contractions

des muscles, dans les saveurs aigres et acidules sur la langue, dans les lueurs qui affectent la vue. Pour obtenir ces effets, il est de nécessité absolue que l'électricité pénètre dans nos organes qui appartiennent à la classe des conducteurs humides. Ce passage, nous l'avons déjà vu, est très-difficile pour les nouveaux courans; cependant la grenouille, placée dans le circuit de nos spirales électro-dynamiques enroulées autour des armatures des aimans, s'agitte très-vivement, chaque fois que l'on attache ou que l'on détache ces armatures. L'expérience est curieuse et instructive; curieuse, à cause de convulsions aussi énergiques occasionnées par l'action immédiate du magnétisme; instructive, parce qu'elle confirme le passage de ce courant au travers des conducteurs humides, et parce que de plus elle démontre que la grenouille reste dans tous les cas le plus sensible des galvanoscopes (1). C'est ici l'occasion de faire remarquer encore une fois ce que j'ai énoncé dans un autre écrit au sujet de la découverte du docteur Seebeck. Il n'était pas nécessaire, disais-je, de connaître la découverte d'OErsted et celle du galvanomètre, venue immédiatement après, pour arriver à celle des courans thermo-électriques (2); il suffisait pour la faire ressortir, de la grenouille convenablement mise en expérience; et maintenant j'ajoute, qu'il suffisait de cet animal tellement sensible pour nous révéler les nouveaux courans de Faraday. Si ce n'est pas par cette voie qu'on est arrivé à ces deux découvertes,

---

(1) *Biblioth. univ.*, t. XXXVII, p. 10.

(2) *Biblioth. univ.*, même passage.

il n'en est pas moins vrai qu'on pouvait les faire à l'aide seulement de cet instrument naturel qui étonna l'Europe au premier temps du galvanisme.

§ VI. *Magnétisme de rotation.*

Qu'arrive-t-il quand on approche une spirale électro-dynamique d'une barre magnétique? Il se forme dans les spires successives un courant qui revient sur lui-même en parcourant à travers le fil un circuit que nous supposons continu. Maintenant, au lieu de la spirale, soumettons à l'influence dudit pôle une masse de cuivre; qu'arrivera-t-il dans ce cas-là? La raison veut qu'on admette dans cette masse le même développement de courans, avec la seule différence que dans la spirale ils ne pouvaient pas rentrer en eux-mêmes sur chacune des spires, tandis qu'ici où il est question d'une masse continue, les courans rentreront en droiture sur eux-mêmes sur le cercle ou la zône de matière dans laquelle l'influence magnétique les détermine, et ces courans, dans l'état actuel de la science, ne peuvent être considérés eux-mêmes que comme la conséquence d'un mouvement de même nature que celui qui s'exécute autour des molécules du métal magnétique. L'induction semble assez naturelle, et pour lui donner plus de certitude, nous avons fait les expériences suivantes. On a pris un anneau de cuivre, et à l'extrémité d'un de ses diamètres, on a soudé le fil conjonctif destiné seulement à communiquer avec le galvanomètre; cet anneau étant placé sous un aimant en fer à cheval, dans le lieu même où nous introduisions notre spirale électro-dynamique, il s'est à l'instant manifesté au galvanomètre le

mouvement dû à la présence de courans excités par le magnétisme sur l'anneau de cuivre.

Nos idées étant ainsi fixées sur les courans circulaires que nous pensions devoir se développer dans la masse de cuivre sous l'influence du pôle magnétique, nous passâmes à la question du magnétisme de rotation, admirable découverte de M. Arago. Ici on a des pôles magnétiques en présence d'un disque, et le disque, au lieu d'être immobile comme dans le cas précédent, est dans un mouvement continuel autour de son propre centre. Cette dernière condition est la seule que l'on ajoute ici; on voit qu'elle compliquera infiniment le résultat du phénomène, mais qu'au fond il ne devra arriver rien de nouveau. Dans tous les cas, il s'agira de courans développés par le magnétisme dans le point du disque sur lequel ce magnétisme influe directement. Cette partie du disque est emportée par la rotation et remplacée par une autre, qui éprouve à son tour la même influence, dont l'effet est de produire des courans toujours en sens contraire de ceux que l'on suppose exister dans le pôle magnétique. Ces courans, du reste, par leur nature, tendent à se renverser dès qu'ils sont éloignés de la cause qui les développe, et ils se renverseront en effet toutes les fois que la vitesse de rotation le leur permettra. La théorie de cette espèce de magnétisme nous semble mûre; nous chercherons à en développer, avec plus de détails, les principes dans un écrit spécial, nous bornant à signaler ici le caractère particulier qui la distingue de toute autre, et par lequel elle ne pouvait pas être attaquée avec avantage avant la découverte de M. Faraday. Ce caractère ne consiste pas seulement à ne durer

qu'un moment, propriété qui appartient aussi au fer doux; il consiste dans l'existence d'un double magnétisme *inverse et direct;* inverse au moment où il se produit en présence de la cause extérieure, direct au moment où cette cause disparaît.

M. Faraday considère le magnétisme de rotation de M. Arago comme entièrement lié à un phénomène qu'il a découvert il y a dix ans. *Il reconnut alors, comme le dit la notice, que par la rotation d'un disque métallique sous l'influence d'un aimant, on peut donner naissance, dans la direction des rayons de ce disque, à des courans électriques en quantité assez considérable pour que ce disque devienne une nouvelle machine électrique.* Nous ignorons entièrement comment M. Faraday a reconnu ce fait, et nous ne savons pas comment un résultat de cette nature a pu rester si long-tems généralement ignoré et pour ainsi dire oublié dans les mains de l'auteur de la découverte. Du reste, il y a là pour nous quelque chose de problématique, et avant de passer outre, nous rapporterons l'expérience que nous avons faite à ce sujet.

Supposons que l'on fasse tourner un disque de cuivre, et qu'ayant préparé deux longs fils de même métal, on les mette d'un côté en communication avec le galvanomètre; qu'en même temps on tienne avec les mains les autres extrémités de ces fils en contact avec le disque, l'une près du centre, l'autre vers la circonférence aux deux bouts d'un même rayon; le disque en tournant échauffe les pointes du fil contre lesquelles il frotte, mais il ne les échauffe pas également. La plus échauffée est celle qui touche le disque près de la circonférence; la

moins échauffée, celle que l'on maintient près du centre. Cette différence de température suffit pour déterminer un courant électrique capable de faire tourner l'aiguille du galvanomètre et de la fixer sur un certain degré de la division, après quelques oscillations comme à l'ordinaire. Cet index une fois tranquille, approchons un aimant en fer à cheval, de telle manière qu'il embrasse le disque sans gêner son mouvement de rotation ; alors on verra à l'instant la déviation de l'index augmenter ou diminuer suivant que les pôles agiront dans un sens ou dans l'autre : cet effet est une preuve certaine de l'existence des courans développés dans le disque par la présence de l'aimant. Mais, de ce que les fils conducteurs qui communiquent au galvanomètre aboutissent par leurs pointes aux extrémités d'un rayon du disque, en conclurons-nous que c'est précisément dans cette direction qu'existent les courans produits par le magnétisme ? Nous ne le croyons pas par les raisons déduites plus haut ; et quand on devrait admettre avec M. Faraday cette espèce d'irradiation de courans électriques, il existerait encore pour nous une très-grande différence entre le mode de développement d'électricité et le mode de production dans nos machines électriques ordinaires. Il y a là une lacune à remplir, dans ce passage d'un excellent conducteur, comme le disque métallique de M. Arago, à un conducteur très-mauvais comme le plateau de verre de nos machines. Du reste, ces réflexions qui nous sont propres ne diminuent en rien le mérite de la découverte de M. Faraday. C'est une des plus belles de notre temps, soit qu'on la considère en elle-même et à raison de la grande lacune qu'elle sert à remplir, soit à raison des

lumières qu'elle répand sur diverses théories, et spécialement sur celle du magnétisme de rotation.

Nous désirons que ces premières recherches répondent au vif intérêt que nous avons pris à la nouvelle branche d'électricité dynamique; nous n'avons qu'un seul regret, celui d'être entrés dans cette carrière avant de connaître tous les pas qu'y aura pu faire l'illustre physicien qui l'a ouverte.

(Au Muséum de Florence, 31 janvier 1832.)

NOTE *de* M. DUMAS *sur diverses Combinaisons de l'Hydrogène carboné.*

J'ai publié, il y a quelques années, un travail sur les éthers conjointement avec M. Boullay; les résultats principaux qu'il renferme ont pour objet de faire considérer l'hydrogène bicarboné comme une base capable de s'unir à l'eau et aux acides. Ces résultats ont éprouvé quelques objections, non pas relativement aux faits en eux-mêmes, mais à l'égard de la théorie générale qui sert à les grouper. Je viens aujourd'hui, par un nouvel exemple, confirmer ces lois et leur donner plus d'étendue.

Il existe dans le camphre artificiel un nouvel hydrogène carboné reconnu par M. Oppermann. Un volume de ce corps que je désigne sous le nom de *camphogène*, renferme 10 volumes de carbone et 8 volumes d'hydrogène.

Un volume de camphogène et un demi-volume de vapeur d'eau produisent *l'essence de térébenthine*, combi-

naison qui ressemble ainsi à l'éther sulfurique ordinaire.

Un volume de camphogène et un volume d'acide hydrochlorique produisent le *camphre artificiel*, composé qui ressemble par là à l'éther hydrochlorique.

Le camphogène peut se combiner en plusieurs proportions avec l'oxigène.

Un volume de camphogène uni à un demi-volume d'oxigène constitue le *camphre ordinaire*, combinaison analogue au protoxide d'azote pour le mode d'union des élémens.

Le camphre ordinaire est une base.

Un volume de camphre ordinaire et un volume d'acide hydrochlorique forment un hydrochlorate neutre de camphre.

Quatre volumes de camphre ordinaire et une proportion d'acide nitrique constituent *l'huile de camphre* des anciens chimistes, le nitrate de camphre bibasique et anhydre.

L'acide sulfurique en agissant sur le camphre forme des produits plus compliqués.

Le chlore exerce sur le camphre une action forte ; mais je n'ai pas encore pu démêler la nature des produits qui en résultent.

Deux volumes de camphogène et cinq volumes d'oxigène produisent l'*acide camphorique*.

Ces déterminations changeraient un peu de forme si les analyses de MM. Liebig et Oppermann doivent être préférées à mes propres résultats. Dans des recherches d'une nature aussi délicate, il est difficile de prononcer. Le corps que je nomme *camphogène* serait formé, suivant leurs analyses, de 12 vol. de carbone et de 9 vol.

d'hydrogène. Dans ce cas, la *cholestérine* serait un hydrate de ce corps; les acides *caprique* et *caproïque* seraient des combinaisons analogues au deutoxide d'azote et à l'acide nitreux. Si je ne me suis pas trompé, ces corps appartiendront au contraire à une nouvelle série analogue de celle du camphogène.

Ces déterminations suffisent pour montrer que le moment n'est pas éloigné où la majeure partie des substances organiques va se trouver classée méthodiquement d'après les mêmes bases que la chimie minérale.

BULLETIN *des Séances de l'Académie royale des Sciences.*

Séance du 17 octobre.

M. le Ministre du commerce et des travaux publics envoie l'ordonnance royale par laquelle l'élection de M. Dutrochet, comme membre de la section d'économie rurale, est approuvée.

M. Haldat adresse des recherches sur l'incoërcibilité du fluide magnétique.

M. Warden présente un Mémoire sur des îles découvertes dans la mer du Sud par M. Morell, capitaine américain.

M. Jomard lit un Mémoire sur les nouvelles découvertes faites par les frères Sander dans l'Afrique équatoriale, et sur les conséquences probables qui doivent en résulter.

L'Académie va au scrutin pour la place vacante dans la section de Mécanique. Sur 42 votans, M. Hachette réunit 37 voix. Son élection sera soumise à l'approbation du Roi.

M. Bory de Saint-Vincent lit un Mémoire sur les travaux de la commission scientifique de Morée.

M. Dugès lit l'extrait d'un Mémoire intitulé : Conformité organique dans l'échelle animale.

Séance du 24 octobre.

On reçoit un Mémoire sur l'acoustique par M. Scheibler de Crevell ; un Mémoire sur les degrés inférieurs d'oxigénation du chlore par M. Soubeiran ; une Lettre de M. Stürner qui remercie l'Académie du prix qu'elle lui a décerné ; une Lettre analogue de M. Burdach.

M. Douville renonce au rapport qu'il avait demandé sur son voyage dans l'intérieur de l'Afrique.

M. Julia de Fontenelle communique des observations sur les conditions de la dissolubilité de la gélatine dans l'eau bouillante, qui ne peut avoir lieu facilement sans l'intervention d'un oxide ou de l'ammoniaque.

M. Simon, bibliothécaire de Saint-Dié, transmet des renseignemens sur un prétendu dragon dont parle dom Calmet dans un article du journal de Verdun de 1751 ; il envoie le dessin de la tête de cet animal qui était joint au manuscrit de la dissertation de Calmet, mais qui n'a pas été gravé ; il est manifeste que c'est la figure d'une tête de cochon.

Un paquet cacheté, déposé par MM. Houton Labillardière et Boutron Chalard, est admis pour être déposé au secrétariat.

Même décision est prise relativement à un autre paquet cacheté intitulé : Propreté, Salubrité, par M. J. Vincent, et pour un troisième intitulé : Notes sur les machines à vapeur, par M. Voizot.

M. de Humboldt communique à l'Académie une lettre de M. Kuppfer, membre de l'Académie de Saint-Pétersbourg, adressée à M. Arago. Cette lettre renferme un grand nombre d'observations intéressantes sur le magnétisme terrestre, la météorologie de l'Asie, les positions astronomiques, et sur la non-contagion du choléra à Saint-Pétersbourg.

Le voyage de M. de Humboldt en Sibérie a donné une

vive impulsion aux recherches sur les trois manifestations du magnétisme terrestre (l'inclinaison, la déclinaison et l'intensité) dans la partie orientale de l'ancien continent. M. Kuppfer annonce que la ligne d'observations correspondantes des variations horaires établie par M. de Humboldt, s'étend à présent (grâce aux soins de l'Académie de Saint-Pétersbourg) jusqu'à Pékin. L'astronome M. Fuss, frère du secrétaire perpétuel, a accompagné la mission qui part tous les dix ans pour la Chine. Une maison magnétique, semblable à celles qui existent déjà à Paris, Berlin, dans les mines de Freiberg, à Saint-Pétersbourg, Kazan et Nicolaeff en Crimée, a été construite à Pékin. M. Fuss, dans une lettre datée de Pékin le 22 avril 1831, annonce les observations astronomiques, magnétiques, barométriques et thermométriques que déjà il a pu faire à Pékin depuis le solstice d'hiver. Les observations météorologiques et de variations horaires du magnétisme seront continuées, après le départ prochain de M. Fuss, par M. Kowanko, jeune officier des mines très-instruit, qui restera dix ans à Pékin.

M. Kuppfer a fait récemment l'observation curieuse qu'un barreau aimanté perd une partie considérable de sa force aussi bien lorsqu'on l'expose à une température au-dessous de la plus basse température, que lorsqu'on l'expose à une température plus haute. Le même physicien est occupé d'une série importante d'observations sur les variations diurnes de l'inclinaison et de l'intensité, découvertes par M. Arago.

M. Girard achève la lecture de son Mémoire intitulé : Recherches sur les établissemens des bains publics à Paris.

M. Brongniart donne lecture d'un Mémoire de M. Constant Prévost sur le volcan de l'île nouvelle qui s'est montrée entre la Sicile et l'île de Pantélaria.

Séance du 31 octobre.

M. Werner adresse les trois premières livraisons d'un ouvrage qu'il publie sur les perroquets découverts depuis la publication de Levaillant.

M. Lauth envoie les planches d'un ouvrage inédit sur

la structure du testicule humain qu'il espère publier prochainement, et fait connaître le résultat de ses recherches.

M. Poisson fait un rapport favorable sur un Mémoire de M. Coriolis ayant pour titre : *Mémoire sur le principe des forces vives dans les mouvemens relatifs des machines*.

M. Cuvier, au nom d'une Commission, rend un compte très-avantageux du travail de M. Deshayes, intitulé : Tableaux comparatifs des coquilles vivantes avec les coquilles fossiles des terrains tertiaires de l'Europe.

M. Cordier fait un rapport sur un mémoire de M. Voizot relatif aux chaudières à vapeur.

M. Duhamel lit un Mémoire sur la conductibilité intérieure et extérieure de la chaleur dans les corps solides.

M. Fourcault lit un Mémoire intitulé : De l'importance des travaux de synthèse ou de coordination dans l'étude des sciences physiques et physiologiques.

M. Félix Dubois, député, adresse des échantillons de soie grège, teinte à la filature par M. Bonneville fils, du pont d'Aubenas (Ardèche).

M. Bennati lit un Mémoire intitulé : Mémoire sur quelques maladies des organes de la voix.

Séance du 7 novembre.

Le Ministre du commerce et des travaux publics adresse une ampliation de l'ordonnance par laquelle le Roi approuve l'élection de M. Hachette.

M. Duringe envoie un Mémoire intitulé : Nouvelle méthode préservative contre le choléra.

M. Roulin met sous les yeux de l'Académie une émeraude également extraordinaire par sa grandeur et par la pureté de ses formes cristallines. Elle provient de la mine de *Muzo*, située à environ 30 lieues de Bogota.

M. de Montlivault présente en manuscrit sa cinquième lettre cosmologique.

M. Guilbert adresse un petit appareil dont M. Huzard est prié de prendre connaissance.

M. Becquerel rend un compte verbal des expériences

que M. Peschier vient de faire sur les effets du sulfate de chaux dans la végétation.

M. Arago met sous les yeux de l'Académie une carte que M. Hansteen lui a adressée, et sur laquelle cet habile physicien a tracé les lignes isodynamiques ou d'égale intensité magnétique.

M. Dureau de La Malle lit une notice intitulée : Sur une nouvelle variété dans l'espèce humaine.

M. Daussy lit un Mémoire sur les marées des côtes de France.

M. le président invite les sections d'astronomie et de zoologie à présenter des candidats pour les deux places de correspondant actuellement vacantes, l'une par la mort de M. Bonemberger, l'autre par la nomination de M. Dutrochet à la place de membre.

M. Guérin lit un Mémoire sur les diverses espèces de Gourmes.

M. Dubois (député) adresse de nouveaux échantillons de soie teinte en filature, dans lesquels M. Bonneville s'est attaché à imiter la couleur des cheveux.

M. Bruslé lit un Mémoire intitulé : Considérations générales sur les Articulés de la Morée.

M. Louis Carletti envoie un Mémoire sur l'inscription des polygones dans le cercle.

Séance du 14 novembre.

M. Amusat prie l'Académie de nommer des commissaires pour juger les perfectionnemens qu'il a apportés aux instrumens lithotripteurs.

Le Ministre de la marine adresse une note de M. de Saint-Laurent, commandant de l'Armide, sur la nouvelle île volcanique.

M. Bras envoie une démonstration de la théorie des parallèles.

Un Mémoire de M. Francis Hell sur une pompe à diaphragme de son invention est renvoyé à l'examen de commissaires.

M. Cagniard de Latour annonce qu'une colonne d'eau fait sur son *tube sirène* les mêmes effets que l'air, et demande à prendre date de ce fait.

M. Latreille fait un rapport verbal sur l'ouvrage de M. le comte Dejean intitulé : Species général des Coléoptères.

M. Huzard fait un rapport sur l'instrument dont le modèle avait été envoyé par M. Guilbert.

On lit une note de M. Warden sur les découvertes géographiques du capitaine Morrell.

M. Cordier communique une notice de M. Rozet sur la géologie des environs d'Oran.

M. Moreau de Jonnès communique deux lettres sur l'apparition du choléra à Sunderland.

L'Académie se forme en comité secret.

La section d'astronomie présente la liste suivante pour les deux places vacantes parmi ses correspondans :

MM. Gambart à Marseille et Schumacher à Altona ; puis par ordre alphabétique,

MM. Carlini à Milan, Hansen à Gotha, Litrow à Vienne, Rumker à Hambourg, Santini à Padoue, Soldner à Munich, South à Londres, Struve à Dorpat, et Valz à Nîmes.

L'Académie renvoie cette liste à la section, afin que, conformément au réglement, elle remplace l'ordre alphabétique par un ordre de présentation véritable.

Séance du 21 novembre.

On reçoit deux ouvrages manuscrits; l'un, de M. Perès, est intitulé : La langue des quantités ; l'autre traite de l'influence des professions sur les phtysies pulmonaires.

M. Painparé adresse un nouveau projet d'écriture rapide qu'il nomme *typophonienne*.

M. Doé fait connaître que depuis le creusement des fossés du fort de Rosny près Vincennes, il s'y est formé une fontaine, tandis que celle du village de Rosny a tari.

M. Cagniard Latour rend compte des sons produits par une colonne d'eau qui repose sur du phosphore au moment où il se coagule.

M. Chevallier communique une lettre de feu M. Daubenton qui prouve qu'en 1791 il y avait déjà au Creusot des chemins de fer auxquels s'adaptaient les roues des chariots.

M. Barabino de Philadelphie adresse un instrument propre à retirer les objets arrêtés dans l'œsophage.

L'Académie accepte un paquet cacheté présenté par M. Leroy d'Étiolles et en ordonne le dépôt au secrétariat.

M. Dutrochet lit un Mémoire intitulé : Recherches sur la puissance organisatrice.

Il présente en même temps et demande à déposer au secrétariat un paquet cacheté contenant une suite à son mémoire. Ce dépôt est accepté.

L'Académie entend ensuite un rapport de MM. Cuvier et Duméril sur le Mémoire de M. Dugès concernant les remarques additionnelles à son Mémoire sur l'ostéologie et la myologie des batraciens ; un rapport de MM. Cordier et Chevreul sur un Mémoire de M. Turpin concernant les cristaux de la coquille des œufs des colimaçons ; enfin, un rapport de MM. Prony, Savart et Brongniart sur le fusil à percussion de M. Lefaure, arquebusier.

La section d'astronomie présente en comité secret la liste suivante pour les deux places de correspondant vacantes dans son sein :

MM. Gambart à Marseille, Schumacher à Altona, Struve à Dorpat, Carlini à Milan, South à Londres, Litrow à Vienne, Valz à Nîmes.

Elle fait connaître les travaux de ces astronomes, et le mérite en est discuté. L'élection aura lieu à la séance prochaine.

M. Magendie demande à être envoyé à Sunderland pour y prendre par lui-même connaissance du choléra-morbus. Cette proposition est adoptée.

Séance du 28 novembre.

On lit un lettre de M. Lassis sur le choléra-morbus.

Le secrétaire donne aussi connaissance d'une lettre sur le même sujet adressée à M. Magendie par M. le docteur Scoutetten, de Metz.

M. Dericquehem annonce qu'il a apporté un nouveau perfectionnement à son géodésimètre ; il demande à l'Académie de le faire examiner.

M. Gaussoin réclame le rapport qu'on lui avait fait

espérer sur un Mémoire intitulé : La forme de la terre déduite de l'action de la force qu'on appelle pesanteur.

M. Heurteloup écrit de Londres qu'il est parvenu à briser en un instant dans la vessie des pierres volumineuses à l'aide d'un marteau. Il désirerait que ce nouveau procédé et le Mémoire dans lequel il le décrit pussent être examinés pendant le très-court séjour qu'il se propose de faire à Paris.

L'Académie procède à la nomination de deux correspondans de la section d'astronomie ; *au premier tour de scrutin* M. Gambart obtient 33 suffrages, M. Valz 8, M. Schumacher 1 ; *au deuxième tour*, M. Schumacher réunit 24 voix, M. Valz 18 ; MM. Gambart et Schumacher sont proclamés correspondans de l'Académie.

M. Flourens lit un premier Mémoire intitulé : *Expériences sur le mécanisme de la rumination.*

M. Thenard lit un Mémoire *sur le soufre hydrogéné ou l'hydrure de soufre.*

M. Osvald Turner dépose un paquet cacheté contenant un Mémoire dont il ne fait pas connaître l'objet. Le dépôt est agréé.

On lit un Mémoire de M. Labbé Lachèvre sur la division civile et astronomique du temps.

Séance du 5 décembre.

On reçoit un Mémoire de M. Lassis sur le Choléra, pour le prix Monthyon ; un Mémoire de M. Bazaine, sur les Machines à vapeur ; un Mémoire de M. Haüy, d'Odessa, sur les Causes des explosions des machines à vapeur ; un Mémoire de M. Dausse, sur les Variations du niveau de la Seine.

L'Académie, sur la proposition de la section d'astronomie, va au scrutin sur la question de savoir s'il y a lieu à nommer à la place vacante dans cette section. La négative est arrêtée à la majorité. L'élection est renvoyée à six mois.

L'Académie, sur la demande du ministre de la guerre et conformément à l'ordonnance royale du 25 novembre, va au scrutin pour l'élection de trois membres du conseil de perfectionnement de l'École polytechnique.

MM. Lacroix, Arago et Legendre obtiennent la majorité des suffrages ; sur le refus de M. Lacroix, M. Poinsot, qui avait obtenu le même nombre de suffrages que M. Legendre, sera un des membres.

M. Chevreul fait avec M. Thenard un Rapport favorable sur le Mémoire de M. Soubeiran relatif aux degrés inférieurs d'oxidation du chlore.

M. Flourens termine la lecture de son Mémoire sur la Rumination.

On lit une Lettre de M. Duhamel explicative de son Mémoire sur les Formules thermométriques.

La section de zoologie et d'anatomie présente la liste suivante pour la place de correspondant vacante par la nomination de M. Dutrochet à une place de membre.

Anatomie : MM. Carus, à Dresde ; Delle Chiaje, à Naples, et Duvernoy, à Strasbourg ; sur la même ligne : Dugès, à Montpellier ; Jacobson, à Copenhague ; de Baer, à Kœnisberg ; Rathke, à Dorpat ; Herold, à Copenhague ; Rusconi, à Pise.

Zoologie : MM. Ehrenberg, à Berlin ; Lesson, à Rochefort ; Wiedeman, à Kiel ; Ruppel, à Francfort-sur-le-Mein ; Kirby, à Barnham ; Klug, à Berlin ; Filzinger, à Vienne ; Gaimard, à Toulon ; Risso, à Nice ; Fischer, à Moscou ; Richardson, à Londres ; Harlan, à New-York ; Femminer, à La Haie ; prince de Wied, à Neuwied.

L'Académie renvoie cette liste à la section pour être réduite et accompagnée d'un rapport sur les travaux de ces différens auteurs.

L'Académie arrête qu'il sera écrit au ministre de la marine et qu'on lui demandera de faire relâcher en Sardaigne et en Corse la corvette qui a été envoyée dans la Méditerranée pour examiner l'île nouvellement formée.

Séance du 12 décembre.

M. Geoffroy Saint-Hilaire présente ses Recherches sur de grands sauriens trouvés à l'état fossile, extraites des Mémoires de l'Académie qui s'impriment actuellement.

Le même académicien présente un tableau des os

hyoïdes qu'il annonce devoir être le dernier résultat de ses recherches sur ce sujet.

Un manuscrit de M. de Ricquehem, intitulé : *Gnomonique tabulaire et universelle*, est renvoyé à l'examen de commissaires.

Le ministre de la marine annonce avoir autorisé M. Lapierre, commandant le brick *la Flèche*, à relâcher sur les divers points des côtes de la Sardaigne et de la Corse où la commission scientifique envoyée pour explorer l'île volcanique récemment formée au sud de la Sicile jugera utile de se présenter.

La Compagnie hollandaise demande à l'Académie de faire un prompt rapport sur le bouillon qu'elle fabrique.

M. Turpin adresse des observations microscopiques sur la structure des fibres musculaires, d'où il résulte que chaque fibre est composée d'un tube membraneux plissé transversalement et enveloppant des filamens plus déliés. Ce n'est que lorsque les filets se décomposent qu'ils se divisent en globules.

MM. Chevreul et Sérullas font un Rapport sur les soies teintes en couleur de cheveux de M. Bonneville.

M. Poisson lit un Mémoire sur le calcul des variations.

M. Morin lit un Mémoire sur le frottement.

M. Cagniard Latour fait part de quelques expériences dans lesquelles il a fait siffler l'eau aussi nettement que l'air.

L'Académie se forme en comité secret.

La section d'anatomie et de zoologie présente les deux listes suivantes, l'une de zoologistes, l'autre d'anatomistes, pour la place de correspondant vacante dans son sein, en exprimant le désir que pour cette fois le choix porte sur un zoologiste :

1°. Zoologistes : MM. Ehrenberg et Lesson, sur la même ligne ; MM. Delle Chiaje et Gaimard.

2°. Anatomistes : MM. Carus, Dugès, Duvernoy et Rathke.

Les travaux de ces savans sont examinés et discutés. L'élection aura lieu à la séance prochaine.

Sur la proposition d'un membre, MM. Darcet, Dulong et Savart sont chargés d'examiner la nouvelle salle et de proposer les moyens les plus convenables de la chauffer.

Séance du 19 décembre.

L'Académie procède à la nomination d'un correspondant dans la section d'anatomie et de zoologie. Au premier tour de scrutin, M. Ehrenberg de Berlin obtient 37 suffrages, M. Lesson 12 et M. Gaimard 3. M. Ehrenberg, ayant réuni la majorité des voix, est proclamé correspondant de l'Académie.

M. le maire de Pau annonce que M. Palasson, correspondant de l'Académie, est mort depuis le 9 avril 1830.

M. Lefebvre adresse un Mémoire sur la panification de la pomme de terre.

M. Gendrin présente, pour prendre date, le résultat de ses expériences sur les moyens de guérir les coliques de plomb.

M. Guérin envoie la description du genre Leptognate dans l'ordre des Crustacés décapodes.

M. de La Crétat adresse un Mémoire sur la fabrication des chandelles, en annonçant qu'après le rapport de l'Académie il prendra un brevet d'invention. Le secrétaire préviendra M. de La Crétat que, d'après la législation en vigueur, si son mémoire était l'objet d'un rapport public, il ne lui serait plus possible de prendre le brevet qu'il désire.

On lit une Lettre de M. Magendie, en date du 3 décembre, sur le choléra de Sunderland.

M. Cagniard de Latour présente une note sur le durcissement des mortiers calcaires.

M. Frédéric Cuvier fait un rapport verbal sur la collection des perroquets de M. Werner.

Le même membre rend un compte verbal de la typophonie de M. Painparé.

M. Blandin adresse une note sur une opération de rhinoplastie qu'il a pratiquée.

M. Flourens, au nom d'une commission, fait un rapport sur le mémoire de MM. Delpech et Coste relatif aux premières apparitions de l'embryon dans l'œuf.

MM. Latreille et Duméril rendent compte d'un mémoire de M. Milne Edwards, intitulé : *Recherches sur la classification naturelle des Crustacés décapodes.*

M. Becquerel lit un Mémoire intitulé : *Considérations*

générales sur les décompositions électro-chimiques et sur la réduction de la magnésie, de la zircone, de la glucine et de l'oxide de fer par des forces électriques très-faibles.

M. Isidore Geoffroy Saint-Hilaire lit un Mémoire sur les variations générales de la taille chez les mammifères et dans les races humaines.

Séance du 26 décembre.

M. Legrip, pharmacien à Maromme, adresse la recette d'une nouvelle préparation contre le choléra-morbus.

M. Doé transmet diverses remarques sur la manière imparfaite dont les remblais ont été faits dans les fortifications de Paris et sur les dégradations qui en ont été la conséquence.

M. Thilorier écrit qu'il présentera cette année, pour le prix de mécanique Monthyon, une nouvelle machine qu'il appelle *pneumato-statique*.

M. Fessard envoie une épreuve du buste de M. Fourier qu'il vient d'exécuter. Le secrétaire transmettra à ce statuaire les remerciemens de l'Académie.

M. Gambart, de Marseille, et M. Schumacher, d'Altona, récemment nommés correspondans, écrivent pour remercier l'Académie.

M. l'ambassadeur de Russie transmet un mémoire et un paquet de la part de M. le conseiller d'état russe Karazin.

M. le ministre de la marine communique l'extrait d'une dépêche qui lui est parvenue et dont il résulte que dans les premiers jours de novembre on voyait à deux milles à l'ouest de l'île Julia un nouvel écueil qui n'offraît pas encore d'indice de lave.

M. Fayard présente un Mémoire intitulé : *Observations sur un appareil destiné à remplacer le levier de bois sur les voitures dites fardiers servant au transport des bois de charpente.*

M. Heurteloup adresse de Londres une lettre très-détaillée sur les moyens opératoires qu'il met en usage. Cette lettre est réservée pour être lue.

M. le docteur Faure envoie pour la Commission des

prix Monthyon un mémoire sur l'emploi des poêles russes dans les hôpitaux.

M. Hachette communique l'extrait d'une lettre qu'il a reçue de M. Faraday sur un mémoire que ce savant a présenté à la Société royale, ayant pour titre : *Production de l'électricité voltaïque*. MM. Arago et Ampère rappellent à cette occasion les expériences que Fresnel communiqua anciennement à l'Académie, sur des courans électriques engendrés par l'action d'aimans, expériences que Fresnel crut ensuite devoir rétracter.

M. Magendie rend un compte verbal du voyage qu'il vient de faire à Sunderland. Il promet pour une des prochaines séances des documens écrits et plus circonstanciés.

M. de Humboldt met sous les yeux de l'Académie une immense émeraude trouvée récemment dans l'Oural, et qu'il vient de recevoir en cadeau de la part de l'empereur de Russie.

M. Mirbel lit un mémoire intitulé : *Recherches anatomiques et physiologiques sur le* Marchantia polymorpha, *pour servir à l'histoire du tissu cellulaire de l'épiderme et des stomates*.

M. Jomard dépose un document qu'il a reçu du consul de France en Égypte, sur les ravages que le choléra a exercés dans ce pays.

A l'occasion du travail de M. Faraday dont il a été question au commencement de la séance, M. Arago cite quelques expériences, dont une partie est déjà connue de l'Académie depuis plusieurs années et a été publiée. Il rapporte que, pour soumettre à une nouvelle épreuve les ingénieuses idées de M. Ampère sur l'identité des aimans et d'un système de courans électriques transversaux, il lui vint à l'esprit de rechercher quelle serait, sur un fil traversé par un courant, l'action d'un disque métallique tournant. M. Ampère se réunit à lui pour faire l'expérience. Elle donna exactement les mêmes résultats qu'un aimant, c'est-à-dire une simple déviation du fil quand le plateau tournait lentement; un mouvement continu, si la rotation du plateau était suffisamment rapide; un affaiblissement considérable de l'effet, quand le plateau était fendu de la cir-

conférence vers le centre; enfin, une puissance répulsive manifeste et perpendiculaire au plan du plateau.

M. Serres dépose un mémoire imprimé intitulé : *Recherches d'anatomie transcendante et pathologique, servant d'introduction au mémoire sur l'anatomie de Ritta Christina*, faisant partie du 12e volume des Mémoires de l'Institut.

DESCRIPTION *de quelques Appareils de chimie.*

La figure 1, planche Ire (voyez à la fin du précédent cahier), représente une étuve en cuivre, à double paroi de tous côtés. On remplit d'huile l'espace intermédiaire, de manière que la capacité intérieure soit enveloppée d'huile de tous côtés, sans que l'huile puisse déborder lorsqu'elle est dilatée par la chaleur. Un tube en verre, qui s'adapte au fond supérieur par une douille, conduit la vapeur de l'huile dans une cheminée pour prévenir toute mauvaise odeur. Un thermomètre plongeant dans l'huile sert à faire connaître la température de l'étuve. La porte de l'étuve est aussi à double paroi. L'étuve est placée sur un fourneau, et le feu peut être réglé au moyen d'un registre en tôle glissant entre l'étuve et le fourneau. Dans le cas où on ne voudrait pas dépasser dans l'étuve la température de l'eau bouillante, il sera préférable de la faire en ferblanc et de substituer ce liquide à l'huile.

Les figures 2, 3 et 4 ne sont que des variations du même appareil. On suppose un gaz devant traverser un liquide contenu dans le gros tube auquel on donne jusqu'à un mètre de longueur. Ce tube étant incliné, le gaz reste beaucoup plus de temps à traverser le liquide que si le tube était vertical. L'appareil a été décrit depuis long-temps (*Dict. technologique*, art. *Manganèse*); mais il n'était pas suffisamment connu. G.-L.

(Une longue et grave indisposition d'un des Rédacteurs n'est pas la seule cause qui nous fait ajourner l'insertion du résumé météorologique de l'année. Il nous a semblé, en effet, que nous ne devions pas différer plus long-temps la publication des nouvelles expériences électriques de la page 402 et suivantes.)

OBSERVATIONS MÉTÉOROLOGIQUES. *Décembre* 1831.

JOURS.	9 HEURES DU MATIN.			MIDI.			3 HEURES DU SOIR.			9 HEURES DU SOIR.			THERMOMÈTRE.		ÉTAT DU CIEL à midi.	VENTS à midi.
	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm. extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	Barom. à 0°.	Therm extér.	Hygr.	maxim.	minim.		
1	758,50	+ 5,0	80	758,84	+ 6,1	80	758,53	+ 6,7	78	759,16	+ 5,0	80	+ 6,7	+ 4,7	Couvert, brouillard.	N. O.
2	757,64	+ 6,3	80	757,07	+ 8,0	78	757,37	+ 6,8	80	758,44	+ 6,8	84	+ 8,0	+ 5,3	Couv. brouill. hum.	N. O.
3	761,17	+ 6,5	86	761,60	+ 7,7	76	761,78	+ 7,5	78	761,84	+ 6,5	82	+ 7,7	+ 6,5	Couvert, brouillard.	O.
4	761,04	+ 6,5	78	760,46	+ 8,3	72	759,40	+ 7,8	72	758 42	+ 7,8	76	+ 8,3	+ 6,0	Couvert, brouillard.	S. O.
5	756,83	+ 5,7	80	755,80	+ 7,2	72	753,92	+ 6,4	68	751,20	+ 3,2	70	+ 7,2	+ 2,4	Couvert, brouillard.	S. O.
6	749,05	+ 5,3	78	748,80	+ 8,5	78	748,00	+ 9,0	78	744,98	+ 5,0	80	+ 9,0	+ 3,8	Couvert, brouillard.	S.
7	741,58	+ 9,7	72	741,60	+12,6	70	742,06	+12,0	70	744,82	+ 9,7	76	+12,6	+ 7,2	Couvert.	S. O.
8	743,30	+11,1	84	743,93	+11,8	84	743,65	+12,8	84	741,74	+12,0	84	+12,8	+ 9,5	Pluie.	S. S. O.
9	744,22	+12,7	76	743,90	+14,0	75	743,26	+11,7	80	744,50	+12,2	80	+14,0	+11,2	Couvert.	S.
10	748,00	+11,0	84	749,36	+12,8	78	751,43	+12,5	74	750,64	+10,5	80	+13,1	+10,5	Nuageux, brouillard.	S. S. O.
11	746,32	+ 9,5	76	746,02	+13,7	70	745,85	+14,5	72	749,77	+10,5	76	+14,0	+ 8,2	Couvert, brouillard.	S. E.
12	746,60	+10,5	80	744,35	+12,5	70	742,90	+12,8	70	741,40	+10,6	80	+13,5	+ 9.0	Couvert, brouillard.	S. E.
13	749,94	+10,0	78	750,87	+11,5	76	750,14	+12,2	76	752,20	+ 9,0	78	+13,0	+ 9,0	Très-nuageux.	S.
14	749,05	+ 7,8	80	747,74	+ 9,6	78	748,72	+ 9,3	78	752,09	+ 8,3	76	+ 9,6	+ 8,3	Pluie.	S.
15	755,60	+ 5,3	80	755 92	+ 8,0	76	756,10	+ 8,7	70	755,70	+ 5,5	76	+ 8,7	+ 5 0	Nuageux.	S. O.
16	757,80	+ 6,5	78	757,50	+ 8,8	78	756,17	+ 9,5	78	751,00	+ 9,0	78	+ 9,5	+ 6,3	Nuageux.	S. O.
17	755,22	+ 5,7	75	756,64	+ 7,5	70	757,00	+ 7,6	70	756,32	+ 6,2	75	+ 7,6	+ 5,2	Nuageux.	O.
18	747,56	+ 5,1	76	746,76	+ 6,3	80	747,50	+ 8,3	78	748,90	+ 5,5	80	+ 8,3	+ 5,0	Pluie.	S. O.
19	750,32	+ 1,2	86	750,63	+ 4,0	78	750,90	+ 4,7	80	752,67	+ 4 2	84	+ 4,7	+ 0,7	Couv., brouill. épais.	S.
20	754,90	+ 2,0	86	755,00	+ 3,5	80	755,03	+ 4,5	80	754,02	+ 4,5	80	+ 4,5	+ 1 0	Couvert, brouillard.	S. O.
21	751,84	+ 6,2	80	752,74	+ 7,7	80	753,32	+ 8 2	80	755,10	+ 7,0	82	+ 8,2	+ 2,7	Couv, léger brouill.	S.
22	757,87	+ 2,0	82	757,32	+ 5,4	78	755,82	+ 6,2	78	753,51	+ 6,5	78	+ 6,5	+ 1,3	Couvert.	S.
23	754,87	+ 4,0	78	755,77	+ 6,0	78	756,43	+ 5,7	76	759,40	+ 4,1	80	+ 6,0	+ 3,2	Couvert.	O S. O.
24	762,90	+ 1,8	80	762,97	+ 4,0	78	763,24	+ 5,1	77	764,97	+ 2,0	80	+ 5,1	+ 1,8	Vapeurs.	N. O.
25	766,67	+ 2,6	84	766,20	+ 3,2	80	766,03	+ 2,5	78	766,43	+ 0,5	80	+ 3,2	+ 0,5	Couvert.	N. N. E.
26	761,56	— 0,3	76	764,16	+ 0 6	78	764,17	+ 1,3	78	765,24	+ 0,5	80	+ 1,3	— 0,5	Couvert.	N. E.
27	767,30	— 0,7	65	767,05	+ 0,0	60	766,57	— 0,2	62	766,52	— 2,2	70	+ 0,0	— 2,2	Eclaircies.	E. N. E.
28	765,90	— 2,5	72	765,87	— 0,5	70	764,88	+ 1,5	70	761,10	+ 1,5	80	+ 1,5	— 3,5	Vapeurs.	N. E.
29	762,20	+ 1,2	75	761,68	+ 1,3	74	760,97	+ 1,7	72	760,10	— 0,5	78	+ 2,0	— 0 5	Couvert.	N.
30	760,50	— 1,8	78	759,65	— 0,5	65	758,97	— 0,3	60	759,38	— 3,5	62	— 0,3	— 3,5	Couvert.	N. E.
31	760,73	— 6,5	74	760,80	— 5,0	68	760,66	— 4,0	70	761,76	— 5,7	70	— 4,0	— 6,7	Vapeurs.	N. N E.
1	752,16	+ 8.0	80	752,14	+ 9,7	76	752,01	+ 9,3	76	751,87	+ 7.9	79	+ 9.9	+ 6,7	Moyennes du 1 au 10.	Pluie en cent.
2	751,39	+ 6,4	80	751,14	+ 8,5	76	751,06	+ 9,2	75	751,88	+ 7,3	78	+ 9,3	+ 5,9	Moyenn. du 11 au 20.	Cour, 4,670
3	761,12	+ 0,5	75	761,26	+ 2,0	73	761,01	+ 2,5	73	761,50	+ 0,9	76	+ 2,7	— 0,6	Moyenn. du 21 au 31.	Terrasse, 3,660
	755,19	+ 4,8	79	755,06	+ 6,6	75	754,80	+ 6,0	[illegible]	[illegible]	[illegible]	78	[illegible]	+ 3,0	Moyennes du mois.	[illegible]

TABLE

DES MATIÈRES CONTENUES DANS CE VOLUME.

FIN DE LA TABLE DU QUARANTE-SEPTIÈME VOLUME.